



**TUGAS AKHIR – RG 141536**

# **STUDI TENTANG OPTIMASI PELETAKAN ANJUNGAN MINYAK LEPAS PANTAI**

**RAFLI MAULANA**  
NRP 3512100101

Dosen Pembimbing  
Khomsin, ST, MT

**JURUSAN TEKNIK GEOMATIKA**  
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017

***“halaman ini sengaja dikosongkan”***



**FINAL ASSIGNMENT – RG 141536**

# **OPTIMIZATION STUDY OF OFFSHORE PLATFORM LOCATION**

**RAFLI MAULANA**  
NRP 3512100101

Supervisor  
Khomsin, ST, MT

**GEOMATICS ENGINEERING DEPARTMENT**  
Faculty of Civil Engineering and Planning  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2017

***“halaman ini sengaja dikosongkan”***

# **STUDI TENTANG OPTIMASI PELETAKAN ANJUNGAN MINYAK LEPAS PANTAI**

**Nama Mahasiswa : Rafli Maulana**  
**NRP : 3512 100 101**  
**Jurusan : Teknik Geomatika FTSP – ITS**  
**Dosen Pembimbing : Khomsin, ST, MT**

## **Abstrak**

*Bangunan atau anjungan lepas pantai (offshore platform) adalah struktur atau bangunan yang dibangun di lepas pantai untuk mendukung proses eksplorasi atau eksploitasi bahan tambang maupun mineral alam.*

*Penelitian ini menganalisis tentang perencanaan peletakan anjungan minyak lepas pantai dengan menggunakan data yang diperoleh dari alat multibeam echosounder, side scan sonar, dan magnetometer. Dari penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kondisi permukaan dasar laut (fitur-fitur dasar laut) dan potensi bahaya serta memberikan rekomendasi lokasi rencana peletakan anjungan minyak lepas pantai.*

*Analisis dilakukan berdasarkan kemiringan lereng dasar laut, potensi bahaya dan fitur - fitur dasar laut baik yang berada di permukaan dasar laut*

*maupun logam yang terkubur di dasar laut sehingga dapat membahayakan anjungan minyak lepas pantai.*

*Berdasarkan penelitian ini, terdapat lokasi yang direkomendasikan, tidak direkomendasikan dan berbahaya. Lokasi yang direkomendasikan merupakan lokasi yang bebas dari hazard, anomali magnetik dan slope yang datar, dengan skor 0.333 dan lokasi yang tidak direkomendasikan merupakan lokasi dengan slope yang landai, potensi bahaya dengan skor 0.334 – 0.666 serta lokasi yang berbahaya merupakan lokasi dengan slope  $> 3^\circ$ , terdapat anomali magnetik dan potensi bahaya dengan skor 0.6667 – 1.332. Luas area yang direkomendasikan adalah untuk anjungan minyak lepas pantai seluas 532.925,372 m<sup>2</sup> dan luas area yang tidak direkomendasikan untuk anjungan minyak lepas pantai seluas 467.074,628 m<sup>2</sup>.*

***Kata Kunci: Anjungan Minyak Lepas Pantai, Multibeam Echosounder, Side Scan Sonar, Magnetometer, Potensi Bahaya, Fitur – Fitur Dasar Laut***

## OPTIMIZATION STUDY OF OFFSHORE PLATFORM LOCATION

**Name** : Rafli Maulana  
**NRP** : 3512 100 101  
**Department** : Teknik Geomatika FTSP – ITS  
**Supervisor** : Khomsin, ST, MT

### *Abstract*

*An offshore platform is a building or structure which is built in the sea, away from shore line. This building is developed to support exploration and exploitation processes of natural resources (oil and gas).*

*This research analyzes the ideal location to place an offshore platform. In order to get the ideal location, this research utilizes multibeam echosounder, side scan sonar, and magnetometer data. These data provide the information of seabed surface features as well as the potential hazardous area.*

*Based on this research, there are some locations which are recommended for placing an offshore platform. These areas are free from hazard and relatively flat, this research score of this area is 0.333. The others area with steep slope, hazard, and magnetic anomaly score is 0.334 – 0.666. The danger place for locating an offshore platform score is 0.667 – 1.332. The recommended areas for placing an offshore platform is 532.925,372 m<sup>2</sup>. Area*

*which are not suitable for locating an offshore platform is 467.074,628 m<sup>2</sup>.*

***Keywords: Offshore Platform, Multibeam Echosounder, Side Scan Sonar, Magnetometer, Hazard, Seabed Features***



**LEMBAR PENGESAHAN**

**STUDI TENTANG OPTIMASI PELETAKAN ANJUNGAN  
MINYAK LEPAS PANTAI**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sárjana Teknik  
Pada  
Program Studi S-1 Teknik Geomatika  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**RAFLI MAULANA**  
NRP. 3512 100 101

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir



**Surabaya, Januari 2017**

***“halaman ini sengaja dikosongkan”***

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil'alamin, puja dan puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT, atas segala nikmat, ridho, lindungan dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian Tugas Akhir yang berjudul **“Studi Optimasi Peletakan Anjungan Minyak Lepas Pantai”**. Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Geomatika, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini. Untuk itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Orang Tua dan kakak yang telah memberikan banyak dukungan dan semangatnya kepada penulis yang tidak dapat penulis balas sampai kapanpun.
2. Bapak Mokhammad Nur Cahyadi, ST., M.Sc., Ph.D. sebagai Ketua Jurusan Teknik Geomatika ITS.
3. Bapak Khomsin, ST, MT selaku dosen pembimbing yang telah banyak meluangkan waktu untuk membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Ir. Yuwono, MT dan Danar Guruh Pratomo, ST, MT, PhD. selaku dosen penguji Tugas Akhir yang telah banyak meluangkan waktu untuk memberikan saran demi memperbaiki Tugas Akhir ini.
5. Bapak dan Ibu Dosen Teknik Geomatika atas ilmu dan bimbingannya selama ini.
6. Bapak dan Ibu karyawan Teknik Geomatika yang membantu kelancaran proses akademis.
7. PT. Pagedo Utama selaku pihak penyedia data penelitian ini.

8. Bapak Yanuar Bimoro selaku pembimbing Tugas Akhir di PT. Pagedo Utama yang telah membantu memberi arahan dan dukungan selama disana.
9. Mas Dindin selaku mentor pengajar selama di PT. Pagedo Utama.
10. Seluruh karyawan PT. Pagedo Utama, Pak Agung, Pak Marino, Pak Sanny, Pak Angga, Pak Imra, Bu Yuni atas bantuan dan bimbingannya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
11. Bang Benny Zalmi atas bantuan, nasihat, dan sarannya agar cepat menyelesaikan pendidikan.
12. Keluarga besar G14 dan GEOID 2012 yang telah banyak memberikan dukungan, semangat dan bantuannya selama 4,5 tahun kuliah di Teknik Geomatika ITS.
13. Semua pihak yang telah membantu terselesaikannya Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari sepenuhnya, bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan serta masih jauh dalam kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun sebagai pembelajaran bagi penulis kedepannya.

Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun pembaca dan pihak lain pada umumnya. Terima Kasih.

Surabaya, Januari 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR – RG 141536 .....	i
FINAL ASSIGNMENT – RG 141536 .....	iii
Abstrak .....	v
<i>Abstract</i> .....	vii
LEMBAR PENGESAHAN .....	ix
KATA PENGANTAR .....	xi
DAFTAR ISI .....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xvii
DAFTAR TABEL .....	xix
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan .....	4
1.5 Manfaat .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Survei Hidrografi .....	5
2.1.1 Definisi Survei Hidrografi .....	5
2.1.2 Ketentuan Survei Hidrografi (IHO) .....	5
2.2 Survei Batimetri .....	6
2.2.1 Penentuan Kedalaman .....	6
2.3 Survei Magnetik .....	8
2.3.1 Anomali Kemagnetan .....	9
2.3.2 Medan Magnetik Bumi .....	9
2.4 Anjungan Minyak Lepas Pantai .....	10
2.4.1 Kriteria Desain .....	11
2.4.2 Kriteria Operasional .....	12

2.4.3 Kriteria Lingkungan .....	12
2.4.4 Lokasi Peletakan <i>Platform</i> .....	13
2.5 <i>Multibeam Echosounder</i> .....	14
2.5.1 Aplikasi Multibeam Echosounder .....	15
2.5.2 Penentuan Posisi Dengan <i>Multibeam Echosounder</i> ...	16
2.5.3 Sistem <i>Multibeam Echosounder</i> .....	16
2.5.4 Instalasi <i>Multibeam Echosounder</i> .....	18
2.5.5 Cakupan Dasar Laut .....	19
2.5.6 Kalibrasi .....	19
2.6 <i>Side Scan Sonar</i> .....	24
2.6.1 Prinsip.....	24
2.6.2 Teori Operasi.....	25
2.6.3 Penentuan Posisi <i>Side Scan Sonar</i> .....	27
2.6.4 Geometri <i>Side Scan Sonar</i> .....	28
2.6.5 Instalasi.....	29
2.6.5 Mozaik Citra <i>Side Scan Sonar</i> .....	31
2.6.6 Interpretasi Citra <i>Side Scan Sonar</i> .....	32
2.7 Magnetometer.....	34
2.7.1 Prinsip Kerja Magnetometer .....	35
2.7.2 Pengaruh Medan Magnetik Kapal .....	36
2.7.3 Interpretasi Data Magnetometer .....	37
2.7.4 Keterbatasan Magnetometer .....	38
2.7.5 Metode Penentuan Posisi dengan GPS .....	39
2.8 Metode <i>Analytical Heirarchy Process (AHP)</i> .....	40

2.8.1 Expert Choice .....	42
BAB III METODOLOGI .....	45
3.1 Lokasi Penelitian .....	45
3.2 Data dan Peralatan.....	46
3.2.1 Data .....	46
3.2.2 Peralatan .....	46
3.3 Metodologi Penelitian .....	47
3.3.1 Tahap Pelaksanaan Penelitian .....	47
3.3.2 Tahap Pengolahan Data.....	49
BAB IV HASIL DAN ANALISA.....	57
4.1 Data .....	57
4.1.1 Data .....	57
4.1.2 Survei Batimetri .....	57
4.1.3 Citra Side Scan Sonar .....	61
4.1.4 Interpretasi Citra <i>Side Scan Sonar</i> .....	63
4.1.5 Mozaik Citra Side Scan Sonar.....	64
4.1.6 Magnetometer.....	65
4.2 Pembahasan dan Analisa .....	67
4.2.1 Kemiringan Dasar Laut ( <i>Slope</i> ).....	67
4.2.2 Identifikasi Potensi Bahaya ( <i>Hazard</i> ) .....	69
4.2.3 Anomali Magnetik.....	77
4.2.4 Analisa Peletakan Anjungan Minyak Lepas Pantai Terhadap Kemiringan Dasar Laut ( <i>Slope</i> ).....	77
4.2.5 Analisa Peletakan Anjungan Minyak Lepas Pantai Terhadap Potensi Bahaya ( <i>Hazard</i> ).....	79

4.2.6 Analisa Peletakan Anjungan Minyak Lepas Pantai Terhadap Anomali Magnetik.....	81
4.2.7 Analisa Peletakan Anjungan Minyak Lepas Pantai Terhadap Parameter-Parameter .....	83
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	89
5.1 Kesimpulan.....	89
5.2 Saran.....	89
DAFTAR PUSTAKA.....	91
BIODATA PENULIS.....	94



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Geometri Gelombang Pantul Transducer .....	7
Gambar 2. 2 Pengaruh Kedalaman Terhadap Lebar Anomali.....	8
Gambar 2. 3 Daerah Pengoperasian <i>Offshore Platform</i> .....	11
Gambar 2. 4 Prinsip Kerja <i>Multibeam Echosounder</i> .....	14
Gambar 2. 5 Kesalahan Waktu Tunggu ( <i>Delay</i> ) .....	21
Gambar 2. 6 Kalibrasi <i>Roll</i> .....	22
Gambar 2. 7 Kalibrasi <i>Pitch</i> .....	23
Gambar 2. 8 Kalibrasi <i>Yaw</i> .....	24
Gambar 2. 9 Citra <i>Side Scan Sonar</i> Pertama Kali .....	25
Gambar 2. 10 Instrumentasi <i>Side Scan Sonar</i> .....	26
Gambar 2. 11 <i>Ultra Short Baseline</i> .....	28
Gambar 2. 12 <i>Geometri Side Scan Sonar</i> .....	29
Gambar 2. 13 Instrumen Magnetometer.....	36
Gambar 3. 1 Lokasi Penelitian .....	45
Gambar 3. 2 Diagram Alir Tahap Pelaksanaan Penelitian .....	47
Gambar 3. 3 Diagram Alir Tahap Pengolahan Data <i>Side Scan Sonar</i> .....	50
Gambar 3. 4 Diagram Alir Tahap Pengolahan Data <i>Multibeam Echosounder</i> .....	52
Gambar 3. 5 Diagram Alir Tahap Pengolahan Data Magnetometer .....	53
Gambar 3. 6 Diagram Alir Tahap Penggabungan Hasil <i>Multibeam Echosounder</i> dengan <i>Side Scan Sonar</i> .....	55
Gambar 4. 1 Lokasi Stasiun Pasang Surut Kalianget, Madura....	58
Gambar 4. 2 Grafik Data Prediksi Pasang Surut Stasiun Kalianget .....	58
Gambar 4. 3 Data MBES Sebelum <i>Filtering Spike Data</i> .....	59
Gambar 4. 4 Data MBES Sesudah <i>Filtering Spike Data</i> .....	60
Gambar 4. 5 Kenampakan Dasar Laut .....	60
Gambar 4. 6 Citra SSS Sebelum (Kiri) dan Sesudah (Kanan) Koreksi <i>Slant Range</i> .....	62

Gambar 4. 7 Lajur Survei ML-01 Menunjukkan Adanya <i>Pockmark</i> .....	63
Gambar 4. 8 Hasil Mozaik Citra <i>Side Scan Sonar</i> .....	64
Gambar 4. 9 Data Pengukuran Magnetometer .....	65
Gambar 4. 10 Grafik Nilai Magnetik .....	66
Gambar 4. 11 Kontur Perairan Daerah Penelitian .....	67
Gambar 4. 12 Kemiringan Dasar Laut ( <i>Slope</i> ).....	68
Gambar 4. 13 Kenampakan <i>Individual Pockmark</i> pada <i>Seabed</i> <i>Surface</i> .....	69
Gambar 4. 14 Kenampakan <i>Pockmark Cluster</i> pada <i>Seabed</i> <i>Surface</i> .....	70
Gambar 4. 15 Kenampakan 3D <i>Pockmark</i> dan <i>Seabed Surface</i> ..	71
Gambar 4. 16 Diagram Luasan Area Terdampak Potensi Bahaya .....	81
Gambar 4. 17 Grafik Jalur M-05 Jalur Survei Magnetik.....	82
Gambar 4. 18 Hasil Perbandingan Pasangan Parameter Menggunakan <i>Expert Choice</i> .....	84
Gambar 4. 19 Pembobotan Parameter Menggunakan <i>Expert</i> <i>Choice</i> .....	85
Gambar 4. 20 Peta Rekomendasi Lokasi Peletakan <i>Platform</i> .....	87
Gambar 4. 21 Peta Kenampakan Dasar Laut.....	88

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Spesifikasi Survei Hidrografi (IHO) .....	6
Tabel 2. 2 Fitur-Fitur Berbahaya Dasar Laut .....	13
Tabel 2. 3 Perkiraan Pengaruh Medan Magnetik Kapal.....	37
Tabel 2. 4 Tingkat Kepentingan Metode AHP .....	41
Tabel 2. 5 Indeks Konsistensi Random (CR) .....	42
Tabel 4. 1 Klasifikasi Kemiringan Lereng .....	68
Tabel 4. 2 Tabel Analisa <i>Individual Pockmark</i> .....	72
Tabel 4. 3 Tabel Analisa <i>Pockmark Cluster</i> .....	76
Tabel 4. 4 Nilai Skor dari Kemiringan Lereng.....	78
Tabel 4. 5 Luas Kemiringan Lereng.....	78
Tabel 4. 6 Skor Identifikasi Bahaya ( <i>Hazard</i> ).....	80
Tabel 4. 7 Luas Area Terdampak Potensi Bahaya .....	81
Tabel 4. 8 Skor Anomali Magentik .....	83
Tabel 4. 9 Skor dari Parameter Rekomendasi Lokasi Peletakan Anjungan Minyak Lepas Pantai .....	83
Tabel 4. 10 Klasifikasi Area Rekomendasi .....	86
Tabel 4. 11 Luas Area Klasifikasi .....	86

***“halaman ini sengaja dikosongkan”***

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Bangunan atau anjungan lepas pantai (*offshore platform*) adalah struktur atau bangunan yang di bangun di lepas pantai untuk mendukung proses eksplorasi atau eksploitasi bahan tambang maupun mineral alam (kemenperin.go.id). Fungsi utama dari *platform* adalah untuk eksploitasi dan produksi minyak dan gas bumi. Adapun faktor lingkungan laut yang berpengaruh untuk rancangan struktur bangunan laut terdiri dari kedalaman perairan, angin, gelombang, arus, kondisi dasar laut, dan penggerusan serta tektonik (gempa bumi). Instalasi dari anjungan minyak lepas pantai membutuhkan proses-proses tertentu, meliputi studi seismik, survei seismik, pemilihan reservoir, *site survey* atau survei lokasi. Survei lokasi adalah survei yang dilakukan untuk memastikan bahwa area yang akan dibangun *platform* bebas dari potensi bahaya dan fitur-fitur dasar laut yang membahayakan *platform*. Instalasi anjungan minyak lepas pantai merupakan struktur yang sangat rentan, kompleks, dan biaya konstruksinya sangat mahal sehingga toleransi kegagalan dalam proses instalasinya dibentuk semaksimal mungkin.

Aktivitas utama dalam eksploitasi minyak lepas pantai adalah pengeboran, anjungan lepas pantai harus ditempatkan pada posisi yang sesuai. Untuk peletakan *platform*, informasi mengenai keadaan di bawah dan di atas permukaan dasar laut sangat diperlukan, aktivitas pengumpulan data ini disebut dengan survei lokasi. Survei lokasi bertujuan untuk memperoleh informasi untuk mendapatkan posisi yang sesuai untuk penempatan *platform* dan menghindari potensi bahaya bawah laut.

Survei lokasi terdiri dari dari survei hidrografi, survei geofisika, dan survei meteorologi dan oseanografi

yang kemudian saling diintegrasikan dan dilakukan analisis mengenai lokasi optimal untuk pemasangan anjungan minyak lepas pantai tersebut. Terdapat beberapa kriteria aman dalam survei lokasi, sebagai contoh area tersebut harus bersih dari puing-puing bekas instalasi, tidak memiliki *shallow gas* yang dapat memicu ledakan anjungan minyak lepas pantai karena tekanan gas yang terlalu tinggi, bebas dari bahaya fitur-fitur dasar laut seperti kapal karam, pungguk laut, pipa dan kabel bawah laut, serta ranjau.

Dalam penelitian ini, dilakukan sebuah studi optimasi peletakan anjungan minyak lepas pantai (*platform*) dengan menggunakan data *Multibeam Echosounder* (MBES), *Side Scan Sonar* (SSS), dan *Magnetometer* untuk menentukan morfologi dasar laut dan potensi bahaya di lokasi penelitian.

*Multibeam Echosounder* (MBES) merupakan sebuah sistem peralatan survei kelautan yang memanfaatkan teknik gelombang akustik. Peralatan ini digunakan untuk memetakan dasar laut yang juga dapat digunakan untuk mempelajari kondisi lingkungan dasar laut. Penggunaan teknologi MBES digunakan untuk mengetahui informasi kedalaman dan topografi dasar laut. Sedangkan *Side Scan Sonar* (SSS) digunakan untuk menghasilkan citra dasar laut, yang diaplikasikan untuk investigasi morfologi dasar laut dan pencarian fitur-fitur dasar laut yang dapat membahayakan anjungan minyak lepas pantai.

*Magnetometer* merupakan alat yang digunakan untuk survei bawah laut yang mampu mendeteksi variasi medan magnet yang dihasilkan dari kedekatan obyek magnetik (terutama benda logam). *Magnetometer* juga dapat digunakan untuk mengidentifikasi endapan maupun puing-puing yang berbahan logam seperti pipa bawah laut, kabel, sampah bekas instalasi baik di permukaan dasar

laut maupun yang terpendam dengan cara mendeteksi anomali magnetiknya. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dilakukan penelitian tentang survei lokasi peletakan anjungan minyak lepas pantai menggunakan MBES, SSS, dan *magnetometer*. Sehingga dalam penelitian ini dapat memberikan rekomendasi lokasi peletakan survei anjungan minyak lepas pantai.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Perumusan masalah dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara menginterpretasikan citra dasar laut yang didapatkan dari data SSS dan mengintegrasikannya dengan data batimetri MBES untuk mengidentifikasi *hazard* yang membahayakan *platform*?
2. Bagaimana data MBES dan data *magnetometer* diaplikasikan untuk survei lokasi sehingga menghasilkan rekomendasi posisi rencana peletakan *platform*?

## **1.3 Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Data primer (utama) yang digunakan yaitu data MBES, data SSS, dan data *magnetometer*.
2. Data sekunder (pendukung) berupa data pasang surut dan data GPS.
3. Survei lokasi hanya survei batimetri untuk mengidentifikasi *hazard* dan fitur-fitur dasar laut yang dapat membahayakan *platform*.
4. Lokasi peletakan *platform* ini memiliki beberapa parameter yaitu bentuk topografi dasar laut, tingkat keamanan anjungan minyak lepas pantai dari objek-objek dasar laut yang dapat membahayakan anjungan minyak lepas pantai.

5. Lokasi masih baru atau belum pernah ada peletakan *platform* sebelumnya.

#### **1.4 Tujuan**

Tujuan dari tugas akhir ini adalah:

1. Mengidentifikasi morfologi dasar laut dan potensi bahaya sekitar lokasi peletakan anjungan minyak lepas pantai.
2. Peta *seabed surface* area survei di sekitar lokasi rencana peletakan anjungan minyak lepas pantai.
3. Peta citra SSS di sekitar lokasi rencana peletakan anjungan minyak lepas pantai.

#### **1.5 Manfaat**

Manfaat dari tugas akhir ini memberikan rekomendasi lokasi untuk perencanaan peletakan anjungan minyak lepas pantai berdasarkan analisa kemiringan lereng dasar laut, *hazard* dan anomali magnetik.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Survei Hidrografi**

##### **2.1.1 Definisi Survei Hidrografi**

Survei hidrografi menurut *International Hydrography Organization* (IHO) mengemukakan bahwa hidrografi adalah, “*that branch of applied science which deal with measrument and description of the feature of the seas and coastal areas for the primary purpose of navigation and all other marine purpose and activities, including offshore activities, research, protection of environment, and prediction service*” (IHO, 2008)

Dari definisi di atas, dapat diterjemahkan bahwa hidrografi merupakan cabang ilmu terapan yang membahas pengukuran, pendeskripsian dari gambaran laut dan wilayah pantai untuk keperluan navigasi dan aktivitas laut lainnya termasuk kegiatan lepas pantai, pengawasan lingkungan, dan kepentingan prediksi.

##### **2.1.2 Ketentuan Survei Hidrografi (IHO)**

Bentuk ketentuan teknis yang paling sering digunakan dalam survei batimetri salah satunya adalah *International Hydrographic Organization* (IHO) dalam *Special Publication 44* (SP’44) edisi ke-5, Februari 2008.

Klasifikasi yang terdapat dalam ketentuan teknis ini sebagai acuan dalam mengevaluasi hasil survei batimetri.

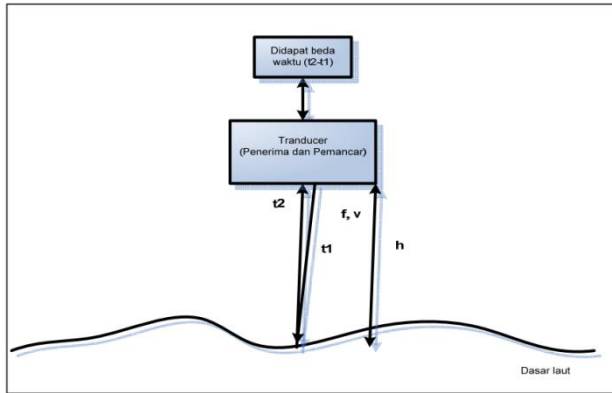
Tabel 2. 1 Klasifikasi Survei Hidrografi (IHO)

No	Kelas	Contoh Daerah Survei
1	Orde Khusus	Pelabuhan tempat sandar dan terusan kritis (berbahaya) cakupan batimetri 100% dengan kedalaman hingga 40 m.
2	Orde 1A	Area perairan dangkal, tetap diperlukan cakupan batimetri 100% namun tidak kritis, kedalaman 40 – 100 meter, biasanya digunakan untuk alur pendekat pelabuhan dan alur pelayaran.
3	Orde 1B	Area perairan hingga kedalaman 100 meter namun tidak diperlukan cakupan batimetri 100% karena karakteristik perairan tidak berbahaya.
4	Orde 2	Area perairan dengan kedalaman lebih dari 100 meter dan tidak diperlukan cakupan 100%.

## 2.2 Survei Batimetri

### 2.2.1 Penentuan Kedalaman

Pemeruman atau *sounding* merupakan salah satu metode penentuan kedalaman menggunakan prinsip pantulan gelombang akustik (Yuwono, 2005). Alat yang digunakan untuk kegiatan ini adalah perum gema atau *echosounder*. Pengukuran kedalaman menggunakan MBES merupakan pengukuran kedalaman secara tidak langsung dengan mengukur waktu tempuh pulsa gelombang akustik yang dipancarkan oleh *transducer* ke dasar laut dan kembali ke *transducer*.



Gambar 2. 1 Geometri Gelombang Pantul Transducer  
(Djunarsah, 2004 dalam Denny Kurnia, 2008)

Penjelasan gambar 2.1 diatas, dimana:

$t_1$  : Gelombang awal

$t_2$  : Gelombang pantul

$h$  : Kedalaman

$v, f$  : Kecepatan suara di dalam air ( $\pm 1500$  m/s)

Interval waktu tempuh pulsa gelombang akustik tersebut kemudian dikonversi menjadi kedalaman dengan prinsip sebagai berikut:

$$D = \frac{1}{2} (v \cdot \Delta t) \quad \dots\dots\dots 2.1$$

Penjelasan persamaan 2.1, dimana:

$D$  : kedalaman laut yang diukur (m)

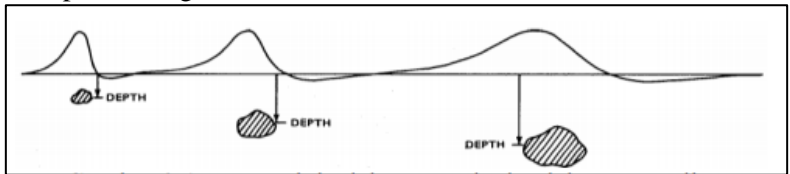
$v$  : cepat rambat gelombang akustik dalam air ( $m/s$ )

$\Delta t$ : interval waktu antara gelombang yang dipancarkan dan diterima (s)

### 2.3 Survei Magnetik

Survei magnetik memberikan informasi tentang kemungkinan benda logam di bawah air atau komposisi besi yang berpotensi akan membahayakan operasional teknik. Hal ini disebabkan karena magnetometer mampu menemukan endapan logam dengan cara mendeteksi anomali magnetik yang digunakan untuk mengidentifikasi puing-puing yang berbahan dasar logam.

Karakteristik penting lain dari anomali magnetik adalah variasi kedalaman antara magnetometer dengan target. Gambar 2.2 menjelaskan bagaimana cara menentukan dan memperkirakan informasi kedalaman dari suatu target yang terpendam di dalam tanah pada saat interpretasi. Karakteristik anomali panjang gelombang merupakan fungsi dari suatu kedalaman.



Gambar 2. 2 Pengaruh Kedalaman Terhadap Lebar Anomali  
(Brainer, 1999 dalam Syukron K, 2011)

Untuk penentuan posisi pada magnetometer digunakan peralatan *Global Positioning System* (GPS). Peralatan ini digunakan untuk mengukur posisi dari titik pengukuran yang meliputi bujur, lintang, ketinggian dan waktu.

Survei magnetik disarankan dilaksanakan bersamaan dengan survei batimetri, dengan interval lajur survei sebagaimana menjalankan lajur-lajur batimetri. Survei magnetik tidak disarankan untuk dilaksanakan bersamaan dengan survei SSS karena dikhawatirkan terjadi gangguan yang bersumber dari *towfish* SSS, kecuali dapat dibuktikan memang tidak terjadi gangguan

(Pasek, 2009 dalam Syukron K., 2011). Panjang kabel disediakan cukup agar dapat dioperasikan secara optimum sesuai dengan kedalaman air laut selama pelaksanaan survei.

Untuk mendapatkan rakaman (secara grafis atau digital) yang memberikan anomali jelas dan pada skala optimum, *towfish* dipasang sedemikian rupa sehingga berada dalam jangkauan deteksi optimum. Jika terdapat indikasi adanya obyek logam yang cukup signifikan di suatu area tertentu, maka dilakukan survei investigasi lebih lanjut dengan cara menjalankan lajur survei dengan interval lebih rapat.

### **2.3.1 Anomali Kemagnetan**

Medan magnet bumi tidak konstan tetapi berubah terhadap waktu sesuai dengan keadaan di dalam bumi yang kadang-kadang mengalami gangguan. Sedangkan besarnya nilai kemagnetan bumi di suatu tempat tergantung pada kondisi kemagnetan di dalam bumi yang berubah terhadap waktu, pengaruh luar bumi, dan pengaruh kemagnetan lokal (anomali lokal). Nilai kemagnetan yang nantinya akan didapatkan dari alat ukur kemagnetan akan terlihat perbedaan antara nilai satu dan lainnya. Apabila ada perbedaan nilai yang mencolok atau lebih tinggi dari nilainya pada suatu data dan tidak sama dengan nilai magnet regionalnya maka itulah yang disebut dengan anomali kemagnetan.

### **2.3.2 Medan Magnetik Bumi**

Bumi berlaku seperti sebuah magnetik sferis yang sangat besar dengan suatu medan magnet yang mengelilinginya. Medan itu dihasilkan oleh suatu dipol magnet yang terletak pada pusat bumi. Sumbu dipol ini bergeser sekitar  $11^\circ$  dari sumbu rotasi bumi, yang berarti kutub utara geografis bumi ini tidak terletak pada tempat yang sama dengan kutub selatan magnetik bumi.

Medan magnet bumi terkarakterisasi oleh parameter fisis yang dapat diukur yaitu arah dan intensitas kemagnetannya. Parameter fisis itu adalah deklinasi magnetik, intensitas horisontal (H) dan intensitas vertikal (Z) dari elemen ini semua medan magnet lainnya dapat dihitung. Parameter yang menggambarkan arah medan magnetik adalah deklinasi (D) (sudut antara utara magnetik dan utara geografis) dan inklinasi (sudut antara bidang horisontal dan vektor medan total) yang diukur dalam derajat (Syukron K., 2011).

Intensitas medan magnet bumi secara kasar antara 25.000 – 65.000 nT dan untuk Indonesia, wilayah yang terletak di utara ekuator mempunyai intensitas  $\pm 40.000$  nT sedangkan untuk wilayah selatan ekuator mempunyai intensitas  $\pm 45.000$  nT (Syukron K., 2011).

## **2.4 Anjungan Minyak Lepas Pantai**

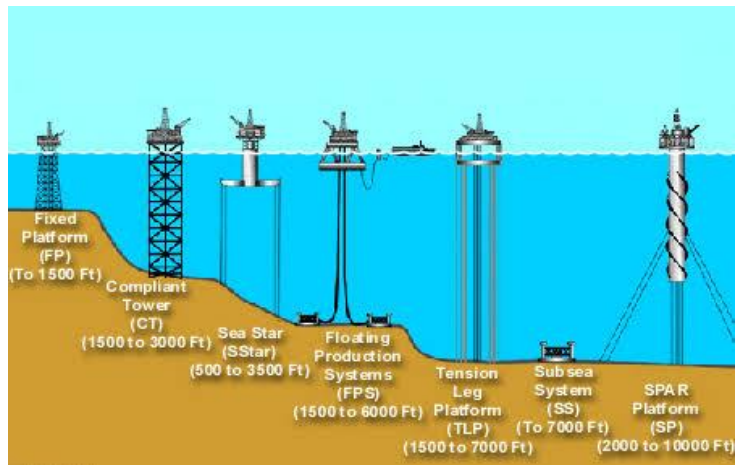
Semakin canggihnya teknologi yang dimiliki manusia membuat manusia selalu merasa tidak puas akan keberhasilannya dan semakin sempit lapangan di daratan dan semakin tipis pula cadangan-cadangan sumber minyak di daratan membuat manusia untuk melakukan ekspansi ke arah laut, contohnya yaitu dibuatnya anjungan lepas pantai untuk melakukan kegiatan mencari minyak dan gas di laut.

Lepas pantai memiliki arti yaitu sebagian dari lautan yang permukaan dasarnya berada di bawah pasang surut terendah atau bagian lautan yang berada di luar daerah gelombang pecah (*breaker zone*) ke arah laut (Rahardiana, 2008).

Ciri-ciri bangunan lepas pantai adalah:

- Beroperasi di daerah sekitar sumur minyak atau daerah pertambangan yang terbatas, tidak dapat beroperasi di daratan dan tidak dapat berpindah-pindah.

- Struktur tidak dibangun langsung dilapangan tetapi komponen-komponennya dibuat di darat lalu kemudian diangkut dan dirakit langsung di lapangan.
- Beroperasi di lapangan (laut) untuk perioda waktu yang lama sehingga bangunan harus mampu bertahan dalam kondisi cuaca baik maupun kondisi cuaca buruk yang mungkin terjadi selama beroperasi.



Gambar 2. 3 Daerah Pengoperasian *Offshore Platform*  
([www.naturalgas.org](http://www.naturalgas.org))

Sistem bangunan lepas pantai yang ada saat ini dapat dikategorikan menjadi beberapa jenis berdasarkan faktor kedalaman laut, faktor lingkungan, faktor banyaknya jumlah cadangan minyak yang tersimpan dan lain-lain.

#### 2.4.1 Kriteria Desain

Kriteria desain untuk setiap anjungan berbeda-beda. Kriteria dominan yang ada di suatu kawasan akan menentukan jenis anjungan yang akan dipilih (Bestariyun, 2008).

Kriteria desain yang terpenting antara lain (segi teknik):

- Kedalaman laut
- Gelombang (tinggi, periode, distribusinya)
- Gempa
- Kondisi Tanah
- Angin
- Arus
- *Marine Growth* merupakan sekumpulan hewan atau tumbuhan laut yang tumbuh dan berkoloni di permukaan bangunan atau struktur di dalam laut.
- Kapasitas desain dari *deck*

#### **2.4.2 Kriteria Operasional**

Salah satu kriteria dalam desain suatu platform adalah penentuan fungsi platform (pengeboran, produksi, penyimpanan, *materials handling*, *living quarters platform* atau kombinasinya), jumlah sumur yang akan di bor, tipe pemboran dan material yang akan digunakan, kegiatan yang akan diselesaikan kemudian, dan keperluan-keperluan untuk kegiatan itu (Bestariyun, 2008).

Selain itu, jumlah ruang *deck* yang diperlukan serta jumlah *deck* dan jenis transportasi minyak dan tempat penampungan minyak, harus ditentukan. Sementara itu, konfigurasi *platform* yang dikehendaki juga harus dapat difabrikasi dengan perlengkapan pemasangan yang tersedia.

#### **2.4.3 Kriteria Lingkungan**

Tahap ini merupakan penentuan berdasarkan lingkungan dimana *platform* akan ditempatkan. Meliputi gaya-gaya gelombang dan angin yang bekerja pada platform. Faktor-faktor



lingkungan yang harus ditaksir sebelum gaya-gaya dapat diperkirakan adalah kedalaman air, kondisi air pasang, tinggi gelombang badai, kecepatan angin badai, dan dapat juga gempa bumi dan kondisi es (Bestariyun, 2008).

#### 2.4.4 Lokasi Peletakan Platform

Optimasi peletakan *platform* ini bertujuan untuk menentukan keberadaan dan lokasi dari sebanyak mungkin kemungkinan bahaya baik yang dibentuk dari alam maupun buatan manusia, sehingga semua kemungkinan potensi bahaya tersebut diharapkan pada saat pemasangan dan operasional *platform* tidak terjadi kecelakaan.

Fitur-fitur dasar laut yang dapat membahayakan *platform* dapat dilihat pada Tabel 2.2

Tabel 2. 2 Fitur-Fitur Berbahaya Dasar Laut

Fitur Buatan Manusia	Fitur Alamiah	Fitur Lapisan Geologis
Anjungan Aktif atau bekas	Topografi dasar laut	Lapisan sedimentasi
Pipa bawah laut	Sedimen dasar laut	Stratigrafi
Kabel listrik bawah laut	Fitur-fitur pasir	<i>Shallow gas</i>
Kabel komunikasi bawah laut	Fitur-fitur lumpur	<i>Shallow water flow</i>
Sumur minyak yang telah habis	Lereng dari palung	Cerobong gas alam
Kerangka anjungan	Struktur diaper	Zona tekanan tinggi
Batu konstruksi	Lubang gas	Selokan terkubur
Pecahan material proteksi	Lempeng bumi	Zona gas hidrat
Jejak kaki pemasangan <i>jack up</i>	Daerah longsor	Zona pertemuan lempeng
Infrastruktur <i>non</i> migas	Daerah reruntuhan batu	Zona erosi
Bangkai kapal	Kumpulan sintesis kimiawi	
Ranjau laut & limbah	Gundukan gas hidrat	

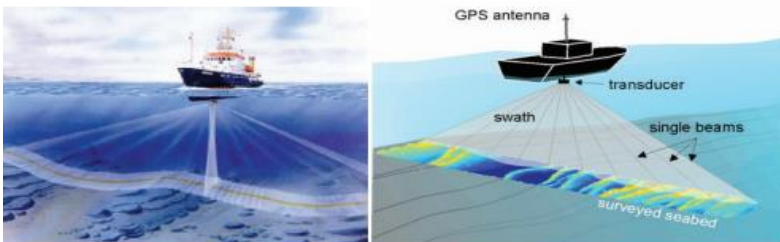
kimiawi		
Peninggala arkeologis	Puncak batu	
Sampah-sampah dasar laut	Karang	
Pipa bawah laut terkubur	Tanah keras	

Sumber : (*The International Association of Oil and Gas Producers*, 2011)

## 2.5 **Multibeam Echosounder (MBES)**

MBES digunakan untuk mengukur kedalaman dari suatu susunan transduser. Kedalaman diukur sepanjang sapuan (*swath*) dari transduser. Multibeam *Echosounder* memiliki karakteristik seperti berikut:

- Frekuensi, 12 sampai 500 kHz.
- Sudut sapuan (*swath angle*)  $\pm 75^\circ$  sampai  $150^\circ$ .
- Lebar sapuan (*swath width*) 4 sampai 5 kali kedalaman air
- Lebar sorotan (*beam*), dari  $0,5^\circ$  sampai  $3^\circ$ .
- Resolusi jaraknya 1 – 15 cm tergantung pada kedalaman.



Gambar 2. 4 Prinsip Kerja *Multibeam Echosounder*  
(Lekkerkerk, 2006)

### 2.5.1 Aplikasi Multibeam Echosounder

MBES digunakan dalam kebanyakan cabang survei hidrografi. Dalam survei hidrografi, penggunaan *Multibeam Echosounder* memiliki tujuan yang berbeda (Lekkerkerk, 2006) yaitu:

- a. Pengerukan  
Digunakan untuk mengontrol proyek konstruksi dan proyek yang memerlukan resolusi tinggi dengan cakupan yang diperlukan 100%.
- b. Lepas Pantai  
Digunakan untuk inspeksi pipa, proyek peletakan pipa, serta inspeksi struktur dengan ROV.
- c. Survei Pra-Desain.  
Khususnya survei pra-desain yang terkait dengan jalur pipa dan kabel. Pada pekerjaan ini, yaitu untuk menetapkan jalur yang layak berdasarkan hasil MBES. Namun, pada laut yang lebih dalam, resolusi MBES berkurang sehingga didukung oleh ROV.
- d. Pemetaan  
Digunakan di area yang memerlukan cakupan dasar laut 100%. Hal ini disyaratkan oleh IHO (SP 44) untuk pelabuhan, alur masuk kapal, dan area dangkal dengan kepadatan lalu lintas yang tinggi.
- e. Pemerintahan  
Digunakan untuk inspeksi dam, tanggul, dan pelabuhan. Bila digunakan untuk keperluan pekerjaan inspeksi, MBES sering digunakan dalam metode *surface looking*, yang diarahkan pada permukaan air, menciptakan sedikitnya cakupan 90° objek yang diinspeksi.

### 2.5.2 Penentuan Posisi Dengan *Multibeam Echosounder*

Pada penentuan posisi kapal survei, untuk menentukan posisi koordinat dari kapal maka digunakanlah metode DGPS (*Differential Global Positioning System*). Sistem DGPS adalah sistem penentuan posisi secara *real time* secara differensial dengan menggunakan data *pseudorange*. Sistem ini umumnya digunakan untuk penentuan posisi objek-objek yang bergerak. Untuk merealisasikan tuntutan *real time*, maka stasiun referensi harus mengirimkan koreksi differensial ke pengguna secara *real time* menggunakan sistem komunikasi data tertentu. Koreksi differensial ini dapat berupa koreksi *pseudorange* maupun koreksi koordinat. Dalam hal ini, yang umumnya digunakan adalah koreksi *pseudorange*.

### 2.5.3 Sistem *Multibeam Echosounder*

Desain sistem MBES terdiri dari bagian-bagian berikut:

- a. Prosesor Data Akustik (*Acoustic Data Processor*)

Prosesor harus mempunyai jumlah data yang sangat banyak, contohnya *seabat* 8125 memiliki *ping rate* maksimum 40 sapuan/detik dan setiap sapuan terdiri dari 240 sorotan. Prosesor data *seabat* ini didasarkan pada *chip Digital Signal Pocessing* (DSP) yang kekuatannya ekuivalen kira-kira dengan 50 prosesor *Pentium* pada 500 MHz.

- b. Tampilan Kontrol (*Control Display*)

Digunakan untuk melakukan pengaturan dan menampilkan pembacaan serta status dari *multibeam echosounder* itu sendiri.

c. Transduser (*Transducers*)

Parameter transduser MBES antara lain frekuensi, jumlah sorotan, sudut sorotan dan penilaian kedalaman maksimum.

Menurut ukurannya, transduser *multibeam echosounder* dapat dibagi menjadi *flat array* dan *round array*. Keuntungan utama dari transduser dan jumlah sorotan. Jika menggunakan *flat array*, pendeteksian fase digunakan untuk mendeteksi secara elektronik jumlah sorotan berdasarkan sinyal kembali.

Proses ini disebut dengan *focusing of the array* karena panjang gelombang sinyal bergantung pada frekuensi dan kecepatan suara, pemeriksaan kecepatan suara (*sound velocity probe*) digunakan untuk mengoreksi perbedaan kecepatan suara. *Array* yang dipancarkan dan diterima dapat dipisah atau digabung tergantung pada tipe *multibeam echosounder*. *Round array* adalah hubungan langsung antara posisi dari unsur-unsur yang diterima oleh transduser dan jumlah sorotan.

d. Sistem Pendukung (*Peripheral System*)

Sistem pendukung berguna untuk mengoperasikan sistem MBES, jumlah minimum sistem pendukung yang dibutuhkan, antara lain:

- *Motion sensor* (sensor gerak) untuk mengukur pengaruh *heave*, *roll*, dan *yaw* serta *pitch*.
- *Positioning System*
- Perangkat lunak akuisisi

- *Sound Velocity Probes* untuk mengukur kecepatan suara pada kedalaman yang berbeda (*Sound Velocity Profile*).

#### 2.5.4 Instalasi *Multibeam Echosounder*

MBES umumnya digunakan untuk membuat *Digital Terrain Model* (DTM) dengan akurasi yang sangat tinggi. Persyaratan instalasinya adalah sebagai berikut:

- a. *Sounder* sebaiknya diletakkan sejajar seakurat mungkin dengan sumbu horisontal dan vertikal kapal survei. Jika tidak memungkinkan, kemiringan posisi sesedikit mungkin ( $<5^\circ$ ) guna meminimalisir *multiple reflection* dari kapal survei.
- b. *Sounder* sebaiknya ditempatkan sejauh mungkin dari peralatan yang menimbulkan kebisingan (*noise*). Apabila MBES dipasang dihaluan kapal, pastikan MBES tersebut dipasang cukup dalam (minimum 0,5 meter – 1 meter di bawah muka air untuk *inshore* dan  $> 1$  meter di *offshore*).
- c. *Sounder* sebaiknya diletakkan pada posisi yang bebas dan tidak terganggu oleh badan kapal.
- d. Walaupun pemasangan transduser umumnya ditentukan oleh jenis survei, dengan pertimbangan harus memperhatikan penyusunan MBES agar tidak mengganggu operasi kapal.
- e. Posisi *swath sounder* terkait dengan sistem survei lainnya sebaiknya ditentukan seakurat mungkin.

### 2.5.5 Cakupan Dasar Laut

Cakupan yang didapat ketika menggunakan *swath sounder* tergantung pada sensor yang digunakan. Parameter-parameter sensor berikut ini mempengaruhi cakupan yang diperoleh:

- a. Sektor Sapuan  
Semakin lebar sektor sapuan, semakin lebar area yang dapat dicakup dengan satu jalur survei batimetri.
- b. Sudut Sorotan  
Bukan hanya sektor sapuan yang menentukan cakupan maksimal, tetapi juga sudut sorotan. Jumlah titik per meter persegi ( $m^2$ ) sebanding dengan sudut datang dan sudut sorotan yang melalui *footprint*.
- c. Cakupan Dasar Laut  
Jumlah parameter eksternal juga dapat mempengaruhi cakupan dasar laut yang diterima, parameter eksternal tersebut meliputi:
  - Perubahan topografi dasar laut
  - Penyesuaian arah kapal survei terhadap jalur
  - Kesejajaran MBES
  - Gerakan kapal

### 2.5.6 Kalibrasi

Kalibrasi MBES terhadap sensor menggunakan metode *patch test*. *Patch test* adalah sebuah metode menggunakan *patch* atau bidang yang khusus dari dasar laut untuk menentukan kesejajaran *swath sounder*.

Sebelum melakukan kalibrasi MBES, semua sistem tambahan sebaiknya dikalibrasi

terlebih dahulu, profil kecepatan suara sebaiknya diukur di area dimana *patch test* akan dilakukan.

Parameter-parameter yang dapat ditentukan dengan *patch test* adalah sebagai berikut:

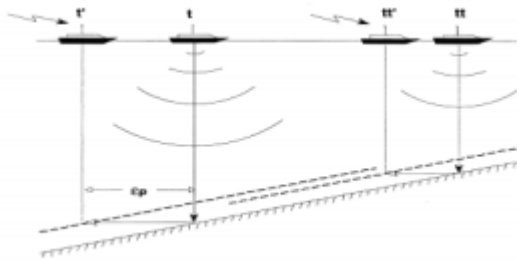
- Latensi atau *time delay* antara *positioning system* dan *swath sounder*
- *Roll offset* dari *sounder*
- *Pitch offset* dari *sounder*
- *Yaw offset* dari *sounder*

#### **2.5.6.1 Latensi Posisi dan Kedalaman**

Waktu tunggu pada MBES adalah keadaan dimana pengambilan data kedalaman oleh transduser tidak sinkron dengan pengambilan data posisi oleh DGPS. Latensi yang umum antara 0.2 detik sampai dengan 1 detik.

Kesalahan ini harus dikoreksi apabila area survei  $< 100$  meter. Dengan koreksi waktu tunggu, maka keterlambatan waktu GPS dapat disinkronkan dan titik-titik kedalaman yang diambil oleh MBES pun memiliki koordinat yang tetap. Nilai latensi tersebut dapat menyebabkan kesalahan posisi antara 0.3 meter sampai 5 meter. Koreksi ini diperlukan karena *positioning system* membutuhkan waktu untuk menghitung posisi dari pengukuran mentah (*raw*). Untuk menentukan latensi, pilih lereng (*slope*) dengan sudut antara 1:2 dan 1:5.



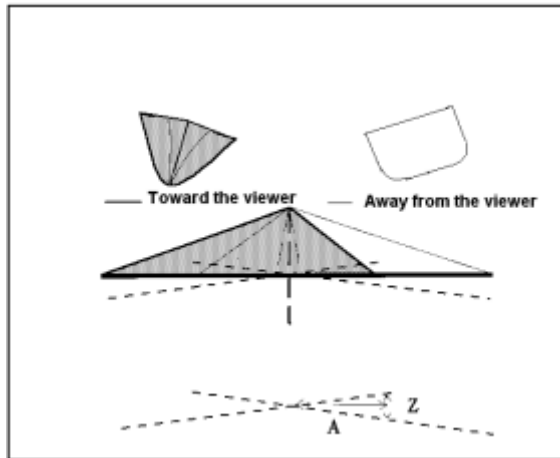


Gambar 2. 5 Kesalahan Waktu Tunggu (*Delay*)  
(Mann & Godin, 1996 dalam Made Satyadhira, 2012)

#### 2.5.6.2 **Kalibrasi Roll (Roll Offset)**

*Roll* adalah parameter yang sangat penting ketika menggunakan *swath sounder* karena kebanyakan *swath sounder* akan menyapu tegak lurus searah dengan pergerakan kapal survei. Kesalahan ini akan dapat diabaikan untuk sorotan pusat dan mencapai maksimumnya untuk sorotan luar.

Guna menentukan *roll offset*, pilih area sedatar mungkin. Pada umumnya, semakin dalam dasar laut semakin akurat penentuan kesalahan *roll*. Lakukan pada sebuah jalur dengan arah yang berlawanan di atas dasar laut yang datar ini dengan kecepatan yang sama.



Gambar 2. 6 Kalibrasi *Roll*

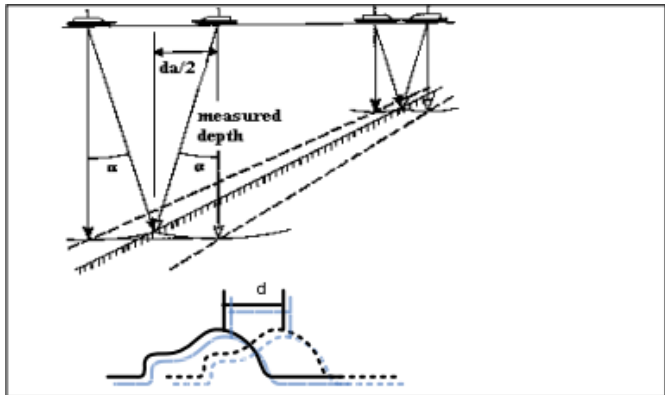
(Mann & Godin, 1996 dalam Made Satyadhira, 2012)

### 2.5.6.3 Kalibrasi *Pitch*

*Pitch* diukur dari dua pasang titik kapal dalam menentukan kedalaman terhadap suatu kemiringan pada dua kecepatan yang berbeda atau untuk mengoreksi gerakan heading kapal (Denny Kurni, 2008). Hal penting dari kalibrasi *pitch* karena sepanjang penggantian jalur adalah sebanding terhadap kedalaman air (pergerakan terhadap sumbu *Y*). Jadi semakin dalam kedalaman air (mengarah pada perairan dalam) maka semakin kecil nilai kalibrasinya. Dalam instalasi normal, kesalahan yang diakibatkan *pitch* adalah sebesar desimeter untuk setiap kedalaman 10 meter.

Persyaratan yang harus dipenuhi adalah melintas satu jalur yang sama, dengan arah berlawanan, melintasi kedangkalan yang bergradien tajam, menggunakan kecepatan sama

serta pancaran yang terdalam yang overlap digunakan untuk koreksi. Maka dengan geometri seperti gambar XX maka persamaan koreksi sudut pancaran dapat ditentukan sesuai dengan persyaratan yang ada.



Gambar 2. 7 Kalibrasi *Pitch*

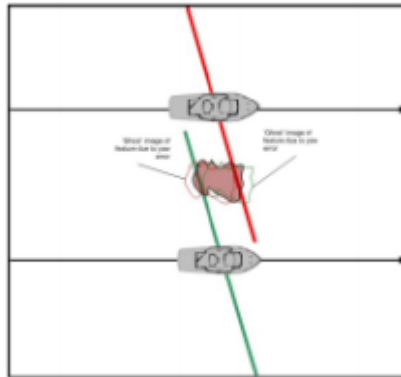
(Mann & Godin, 1996 dalam Denny Kurnia, 2008)

#### 2.5.6.4 Kalibrasi Yaw

Kalibrasi *Yaw* adalah kalibrasi yang diakibatkan keadaan pada saat survei dilaksanakan diliputi arus yang kencang sehingga mengubah arah *heading* kapal di sepanjang jalur survei. Kalibrasi ini sangat dibutuhkan pada pengukuran area survei yang curam, dimana untuk area survei yang rata, kalibrasi jenis ini tidak akan terlalu berpengaruh karena tidak merubah nilai kedalaman.

Kalibrasi *yaw* dilakukan dengan membuat dua garis yang parallel dengan arah yang sama pada area *patch test*. Di dalam kalibrasi *yaw* adalah kedua jalur dari pengamatan

kalibrasi sejajar dan memiliki spasi sebesar dua kali kedalaman dasar laut di area tersebut, serta kecepatan kapal yang sama.



Gambar 2. 8 Kalibrasi *Yaw*  
(Mann & Godin, 1996 dalam Denny Kurnia, 2008)

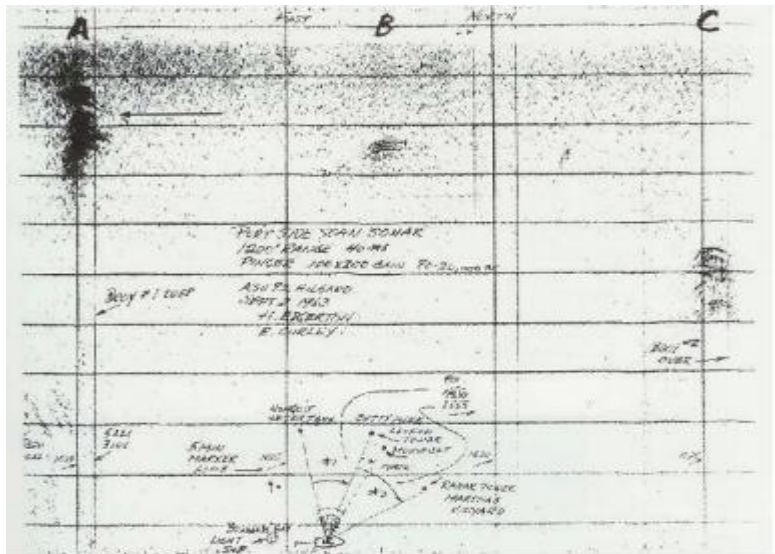
## 2.6 *Side Scan Sonar (SSS)*

### 2.6.1 Prinsip

*Side scan sonar* (SSS) digunakan untuk menghasilkan citra dasar laut, dimana digunakan untuk investigasi geologi dan pencarian objek seperti bangkai kapal/pesawat, pipa atau kabel bawah laut serta mineral.

Pertama kali, SSS dikembangkan pada tahun 1960-an dalam rangka untuk membantu pencarian bangkai kapal yang hilang misterius selama Perang Dunia II. Pada masa itu, SSS terdiri dari satu instrumen *sub bottom profiler* yang berbentuk terbalik.

Instrumen menggambarkan citra dengan target yang lebar tetapi tidak dapat didefinisikan dengan baik.



Gambar 2. 9 Citra *Side Scan Sonar* Pertama Kali  
(Lekkerkerk, 2006)

### 2.6.2 Teori Operasi

SSS adalah instrumen yang digunakan untuk menghasilkan citra dasar laut, berdasarkan prinsip akustik. SSS merupakan instrumen yang sangat sensitif terhadap sistem dan dapat mengukur fitur dasar laut dengan ukuran yang lebih kecil dari 10 cm (Lekkerkerk, 2006).



Gambar 2. 10 Instrumentasi *Side Scan Sonar*  
(Lekkerkrek, 2006)

SSS dapat menghasilkan citra fitur dasar laut berikut ini:

- Deteksi objek, meliputi ranjau, kapal karam, bangkai pesawat, pipa.
- Klasifikasi dasar laut (*Bottom Classification*), meliputi tipe sedimen, lapisan batuan.
- Inspeksi konstruksi bawah air (*Inspection of underwater construction*), meliputi konstruksi lepas pantai, *wellhead*, pipa minyak, jembatan, dinding pelabuhan, tiang pancang.

Guna menghasilkan citra terbaik, maka digunakan SSS dengan *dual frequency*. SSS dengan frekuensi tinggi memiliki frekuensi 500 kHz sampai 1MHz, frekuensi tinggi dapat menghasilkan resolusi yang sangat baik tetapi memiliki jangkauan sapuan yang pendek. Sedangkan frekuensi rendah memiliki frekuensi 50 kHz sampai 100 kHz, frekuensi rendah menghasilkan resolusi yang rendah pula tetapi memiliki jangkauan sapuan yang lebih jauh.

Penggunaan SSS dengan cara ditarik di belakang atau dipasang pada kapal dan sering disebut *towfish*. Instrumen ini mengirim sinyal *sonar* dengan pulsa yang tegak lurus dengan arah *towfish*. Sinyal suara tersebut memantul di dasar laut dan kembali ke *sonar fish*. *Sonar fish* memiliki *receiver* yang sangat sensitif yang disebut juga sebagai *hydrophone* yang menerima sinyal kembali.

### **2.6.3 Penentuan Posisi Side Scan Sonar**

Pada aplikasinya, SSS ditarik menggunakan kapal sampai beberapa meter di atas permukaan dasar laut. Posisi SSS dihitung berdasarkan seberapa jauh jarak antara kapal dengan SSS itu sendiri. Jarak SSS dihitung dari panjang kabel yang diulur dari kapal dengan menggunakan hubungan trigonometri dengan asumsi bahwa kabel tersebut lurus meskipun terdapat perubahan kecepatan kapal ataupun arah kapal.

Seiring berjalannya waktu, penentuan posisi SSS dibantu dengan menggunakan alat yang disebut dengan USBL (*Ultra Short Baseline*) agar akuisisi data yang dihasilkan lebih baik.

USBL adalah sistem penentuan posisi dalam air dengan menggunakan kapal yang diberi transceiver untuk mendeteksi sapuan dan bearing dari target menggunakan sinyal akustik. USBL terdiri atas transceiver akustik dan transponder yang diletakkan di air, sistem USBL juga terdiri dari beberapa komponen lain yang meliputi sensor untuk menentukan secara akurat pergerakan roll, pitch dan heading kapal. Sedangkan untuk tujuan kalibrasi, akurasi sistem penentuan posisi pada permukaan, digunakanlah sistem DGPS. USBL

dapat digunakan di kedalaman air 10 meter hingga beberapa ribu meter, tanpa mengubah salah satu komponen karena mempunyai rentang frekuensi MF ( $\sim 18\text{-}36\text{ KHz}$ ).



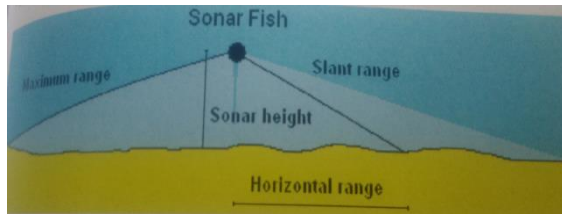
Gambar 2. 11 *Ultra Short Baseline*  
([www.offshore-technology.com](http://www.offshore-technology.com))

#### 2.6.4 Geometri Side Scan Sonar

Geometri dari *side scan sonar* (Lekkerkerk, 2006) adalah sebagai berikut yaitu:

- a. *Slant range*  
*Slant range* adalah jarak dari *sonar fish* yang memberikan titik tertentu.
- b. *Horizontal Range* (Jarak Horizontal)  
*Horizontal range* merupakan jarak mendatar antara posisi di bawah *sonar fish* dengan target. Nilai *horizontal range* bisa dihitung dari tinggi sonar (*sonar height*) dengan *slant range* menggunakan teorema pythagoras.
- c. *Maximum range*  
*Maximum range* merupakan nilai maksimum dari *slant range*. *Maximum range* merupakan sebuah sistem dapat mengatur seberapa jauh *side scan sonar* melakukan *scanning*.





Gambar 2. 12 *Geometri Side Scan Sonar*  
(Lekkerkerk, 2006)

### 2.6.5 Instalasi

Instalasi sistem *side scan sonar* dapat dilakukan dengan berbagai cara tergantung ruang lingkup survei dan kondisi geografis dari area survei. Dalam pengoperasian dan pemrosesan data *side scan sonar*, terdapat dua persoalan yang sangat penting yaitu citra sonar harus sebaik mungkin dan posisinya harus benar.

Sistem yang dibutuhkan terdiri dari:

- Sistem SSS, termasuk komputer, *plotter*, *towfish* dan *tow cable*.
- *Positioning system*, diantaranya *receiver* GPS, komputer untuk pemrosesan dan menampilkan data navigasi.
- Penghubung data antara dua sistem ini diperlukan pula guna merekam data navigasi yang telah diproses pada data sonar.

#### 2.6.5.1 Ditarik dari Buritan

Instalasi SSS dengan cara ditarik dari buritan merupakan cara yang paling umum dalam pengoperasian SSS. Cara seperti ini dapat diterapkan pada hampir semua kapal tanpa banyak melakukan modifikasi terhadap kapal itu sendiri. Cara seperti ini digunakan dari kedalaman beberapa meter hingga ribuan meter (Lekkerkerk, 2006).

Kekurangan metode ini adalah ketika dipakai untuk pekerjaan survei air dangkal ( $< 20$  m), *towfish* terlalu dekat dengan permukaan air berakibat rentan terhadap *noise* permukaan dan operasional kapal. Cara seperti ini tidak menjadi masalah apabila *tow cable* berada pada posisi lurus dibelakang kapal.

Masalah yang dapat muncul, yaitu:

1. Adanya arus dari samping, *towfish* dan *tow cable* menjauh. Sonar tidak terseret dalam garis lurus dari kapal.
2. Jika depressor tidak digunakan, *tow cable* secara normal akan melengkung.

Beberapa solusi untuk memperoleh posisi *towfish* yang benar antara lain:

- Solusi matematis yaitu dengan cara mengukur sudut antara arah kapal dan *tow cable*, koreksi dapat diperoleh.
- Akustik bawah air yaitu dengan cara menggunakan USBL yang terdiri dari transponder dan *receiver*. Alat ini berguna untuk mengukur jarak dan sudut relatif dengan orientasi kapal. USBL sensitif terhadap pantulan permukaan, maka dari itu lebih baik digunakan untuk kedalaman lebih dari 20 m di bawah permukaan.

#### **2.6.5.2 Dipasang pada Kapal**

Metode ini diterapkan untuk perairan yang sangat dangkal. Caranya adalah dengan posisi *sonar* sejajar dengan kapal sehingga keduanya memiliki arah yang sama.

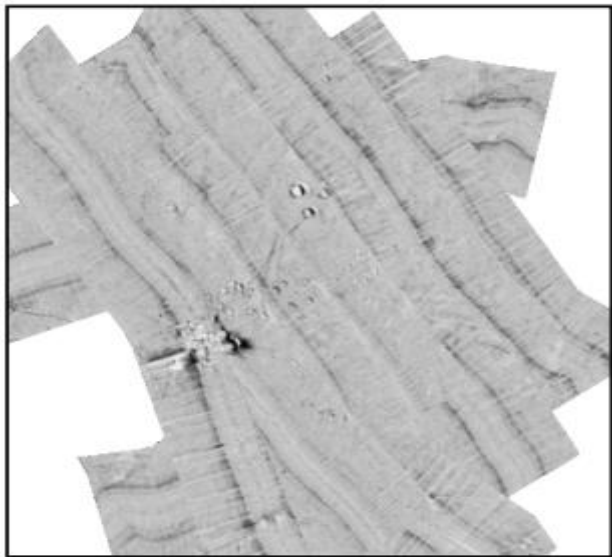
Biasanya sonar dipasang dibagian depan kapal, kira-kira 50 - 100 cm di bawah permukaan, tetapi untuk mencegah kerusakan *sonar fish*

sebaiknya tidak lebih dalam dari lambung kapal (Lekkerkerk, 2006).

Kekurangan metode ini adalah tidak dapat digunakan untuk perubahan kedalaman dari beberapa meter menjadi puluhan meter.

#### **2.6.5 Mozaik Citra *Side Scan Sonar***

Mozaik citra SSS merupakan gabungan dari beberapa citra SSS yang dapat menggambarkan bagaimana kondisi permukaan dasar laut. Mozaik adalah hasil interpretasi citra SSS pada tiap lajur utama dan jalur silang yang saling bertampalan.



Gambar 2. 13 Mozaik Citra Side Scan Sonar

### 2.6.6 Interpretasi Citra Side Scan Sonar

Sebuah rekaman SSS menampilkan intensitas *echo* yang kembali. Bagian gelap pada rekaman menunjukkan area permukaan dengan relativitas tinggi. Bagian terang menunjukkan area dengan reflektivitas rendah. Intensitas berhubungan dengan (Made Dwiva, 2014):

- a. Sangat gelap yaitu dimana kondisi permukaan dasar laut yang sangat keras dan sangat kasar, seperti lumpur, konstruksi, pipa logam, barel minyak, kontainer kargo dan bangkai kapal.
- b. Gelap yaitu dimana kondisi permukaan yang keras dan kasar seperti kerikil dan pasir yang kasar, tanah gambut, tanah liat keras yang kasar, objek buatan manusia yang kemungkinan besar logam, plastik dan kayu.
- c. Menengah yaitu dimana kondisi permukaan menengah, seperti pasir, riak pasir kasar yang tidak terjadi pada permukaan sedimen yang lebih halus.
- d. Terang yaitu dimana kondisi permukaan yang lembut dan halus seperti tanah liat dan endapan lumpur.
- e. Sangat terang yaitu dimana kondisi permukaan yang sangat lembut dan sangat halus seperti tanah liat halus dan *rock outcrop*.

Ukuran dan bentuknya memberikan indikasi apakah benda tersebut alamiah atau buatan manusia. Ukuran dan bentuk dari sebuah kapal dapat dikenali dengan mudah. Untuk membedakan antara drum minyak yang rusak dan sebuah karang dengan ukuran yang sama akan lebih sulit. Sebuah

area yang luas dengan instensitas sama atau terdapat pola mengindikasikan bahwa dasar laut tersebut memiliki sedimen permukaan yang sama.

Selain itu, interpretasi citra SSS didukung dengan penggunaan asas tujuh kunci interpretasi yang diadaptasi dari ilmu penginderaan jauh. Tujuh kunci interpretasi antara lain (Lili Soemantri, 2009):

a. Rona dan warna (*tone/color*)

Rona ialah tingkat kegelapan atau kecerahan objek pada citra. Sedangkan warna adalah wujud yang tampak oleh mata. Rona ditunjukkan dengan gelap – putih. Ada tingkat kegelapan warna biru, hijau, merah, kuning dan jingga. Rona dibedakan atas lima tingkat yaitu putih, kebu putih, kelabu, kelabu hitam, dan hitam.

Karakteristik objek yang mempengaruhi rona, permukaan yang kasar cenderung menimbulkan rona yang gelap, warna objek yang gelap cenderung menimbulkan rona yang gelap, objek yang basah/lembab cenderung menimbulkan rona gelap.

b. Bentuk (*Shape*)

Bentuk merupakan atribut yang jelas sehingga banyak objek yang dapat dikenali berdasarkan bentuknya saja, seperti bentuk memanjang, lingkaran dan segi empat. Bentuk merupakan faktor yang penting dalam pengenalan objek citra.

c. Ukuran (*Size*)

Berupa jarak, luas, tinggi, lereng, dan volume, selalu berkaitan dengan skalanya.

- Objek dapat disalahtafsirkan apabila ukurannya tidak dihitung dengan cermat.
- d. Kekasaran (*Texture*)  
Tekstur adalah halus kasarnya obojek pada citra. Tekstur dihasilkan oleh susunan satuan kenamakan yang mungkin terlalu kecil untuk dikenali secara individual dengan jelas pada citra. Tekstur merupakan hasil bentuk, ukuran, pola, bayangan dan rona individual.
  - e. Pola (*Pattern*)  
Pola adalah hubungan susunan spasial objek. Pola merupakan ciri yang menandai objek buatan manusia ataupun alamiah. Pola aliran sungai sering menandai bagi struktur geologi dan jenis tanah.
  - f. Bayangan (*Shadow*)  
Bayangan bersifat menyembunyikan objek yang berada di daerah gelap. Bayangan dapat digunakan untuk objek yang memiliki ketinggian, seperti objek bangunan, patahan dan menara.
  - g. Lokasi/Situs  
Lokasi objek dalam interpretasi berhubungan dengan kenampakan objek tersebut di tempat tertentu.

## 2.7 Magnetometer

Magnetometer telah digunakan sejak beberapa tahun terakhir ini. Magnetometer digunakan untuk mencari kapal selam, bangkai kapal atau pesawat, artefak geologi, pipa, kabel dan lain-lain (Lekkerkerk, 2006). Penggunaan magnetometer akan terganggu dengan beberapa faktor, seperti, yaitu jumlah gangguan magnetik di sekitar target, kondisi lingkungan area target.

### 2.7.1 Prinsip Kerja Magnetometer

Secara sederhana penggunaan magnetometer adalah untuk mendeteksi ada atau tidaknya suatu benda logam. Selanjutnya, data-data magnetometer tersebut diolah dengan menggunakan ukuran anomali magnetik yang digunakan untuk memperkirakan bentuk anomalnya dan kemudian diperkirakan karakteristiknya.

Faktor-faktor yang mempengaruhi pendeteksian logam dengan magnetometer, adalah:

1. Jarak antara magnetometer dengan target  
Hal ini disebabkan karena pencarian anomali kedalaman berbanding terbalik dengan jarak, sehingga usaha yang dibuat untuk mengurangi jarak ini sangat meningkatkan kemungkinan dan kemampuan alat dalam menemukan suatu objek yang dicari.
2. Jumlah logam feromagnetik yang berhubungan dengan objek material disekitarnya.
3. Meminimalkan kebisingan atau *noise* magnetik yang timbul dari sumber-sumber geologi atau bahan buatan manusia dan medan listrik di kapal.

Magnetometer memiliki beberapa komponen yaitu:

- Sensor *fish* merupakan badan magnetometer yang berbahan bukan logam, memiliki sirip dan mengandung sensor.
- Sistem Perekam (*Recording system*)
- *Power supply system*
- *Tow cable*



Gambar 2. 14 Instrumen Magnetometer  
(Lekkerkerk, 2006)

### 2.7.2 Pengaruh Medan Magnetik Kapal

Perlu diketahui bahwa kapal yang digunakan untuk survei magnetik juga memiliki medan magnet tersendiri. Sehingga, *towfish* magnetometer harus ditarik puluhan meter sampai ratusan meter dari kapal untuk menghindari efek magnetik dari kapal. Panjang penarikan *towfish* di belakang kapal juga dipengaruhi oleh ukuran kapal dan bahan kapal baik itu terbuat dari kayu atau baja.

Kebanyakan kapal laut geofisika terbuat dari baja yang panjangnya sekitar 40 meter sampai 60 meter. Oleh karena itu, *towfish* biasanya ditarik di belakang kapal sejauh 250 meter sampai dengan 3000 meter dan bahkan ada yang sampai 6000 meter untuk perairan dalam. Hal ini bertujuan untuk *towfish* semakin dekat dengan sasaran di bawah laut.



Tabel 2. 3 Perkiraan Pengaruh Medan Magnetik Kapal  
(Lekkerkerk, 2006)

<i>Approximate Magnetic Effect of Ships(gamma)</i>					
<i>Ship Size</i>		<i>Length of Tow System</i>			
		30 m	100 m	150 m	250 m
25 m	200 ton	200	6	1,6	0,4
50 m	700 ton	700	20	6	1,4
70 m	1700 ton	1700	50	13	3
90 m	3300 ton	3300	80	25	6

Pada waktu kapal melakukan manuver atau berbalik arah pada waktu dilakukan suatu survei, pada waktu itu juga pengukuran harus dihentikan. Hal ini dikarenakan, kapal tersebut akan lebih dekat dengan *towfish* magnetometer. Sehingga, hal ini akan menciptakan medan magnet buatan yang lebih tinggi yang dapat membingungkan pada waktu interpretasi.

### **2.7.3 Interpretasi Data Magnetometer**

Interpretasi data magnetik untuk mengidentifikasi suatu target melibatkan pencarian perbedaan dalam dataset yang memiliki karakteristik yang diharapkan akan ditampilkan oleh target yang kita cari. Beberapa faktor yang mempersulit pekerjaan yaitu:

- Ukuran dari target yang akan ditemukan mempengaruhi kesulitan pekerjaan itu sendiri, seperti ketika mendeteksi bangkai kapal baja yang besar relatif lebih mudah dari pada mendeteksi persebaran meriam. Lebih sulit lagi jika mendeteksi jangkar yang mungkin menandakan lokasi situs kapal karam.

- Kedalaman air yang akan dicari menambahkan kompleksitas dari pekerjaan tersebut. Pendeteksian magnetometer jarak dekat berarti sensor harus ditempatkan dekat dengan target agar bisa terdeteksi.

Di perairan dangkal, *towfish* bisa ditarik dekat dasar laut dengan beberapa informasi yang menjelaskan posisinya. Akan tetapi, mengatasi masalah posisi dengan menggunakan sistem pelacakan USBL sering tidak mungkin, keterbatasan anggaran.

#### **2.7.4 Keterbatasan Magnetometer**

Tanpa adanya alat khusus tertentu, sangat sulit sekali mengamati ketinggian *towfish* di atas permukaan dasar laut atau posisi horisontal dari *towfish*. Oleh karena itu, banyak permasalahan terkait pencarian benda-benda logam, meliputi perairan dalam maupun ukuran benda yang sangat kecil.

Salah satu keterbatasan terbesar dari magnetometer adalah kenyataan bahwa ketidakpastian anomali tersebut berasal dari sebuah objek langsung di bawah sensor atau benda yang lebih besar, lebih dalam, atau lebih jauh. Akan tetapi, keterbatasan seperti ini dapat diatasi oleh magnetometer *multi-sensored* (gradiometer).

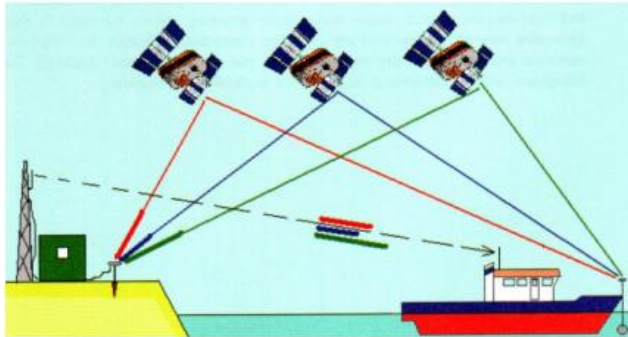
Keterbatasan lain, adalah pipa bisa saja tidak akan terdeteksi ketika survei yang dilakukan searah dengan jalur pipa yang akan dideteksi. Hal itulah yang menjadi alasan magnetometer sering dikombinasikan dengan SSS. Beberapa produsen magnetometer mengirimkan peralatan dan perangkat lunak untuk langsung mengintegrasikan antara magnetometer dan data SSS.

Meskipun secara teoritis hal itu bisa dilakukan, tetapi untuk mendeteksi obyek dengan ukuran obeng atau granat dalam prakteknya tidak mungkin untuk dideteksi. Pada magnetometer diperlukan untuk menghitung *noise* dari kapal survei dan variasi medan magnet bumi. Selama badai magnetik terjadi, variasi anomali yang dihasilkan bisa mencapai intensitas dari ratusan nanoTesla.

### **2.7.5 Metode Penentuan Posisi dengan GPS**

Penentuan posisi dengan menggunakan GPS dalam kaitannya dengan pemetaan laut biasanya digunakan sistem DGPS. Hal ini disebabkan, sistem DGPS sangat umum digunakan untuk penentuan posisi objek-objek yang bergerak. Selain itu, ketelitian posisi yang dihasilkan oleh sistem DGPS yaitu sekitar 1 sampai 3 meter. Sistem ini menggunakan data *pseudorange* untuk penentuan posisi *real-time* secara differensial. Data *pseudorange* digunakan untuk aplikasi-aplikasi yang menuntut ketelitian level menengah. Oleh karena itu DGPS sangat umum digunakan pada survei-survei di bidang kelautan.

Penentuan posisi dilakukan untuk semua titik-titik perum, alat bantu navigasi serta kenampakan-kenampakan yang ada dan diperlukan atau direkomendasikan dalam survei hidrografi yang dilaksanakan dengan ketelitian sesuai ordonya.



Gambar 2. 15 Prinsip Dasar DGPS

Dengan menggunakan GPS yang memakai metode *differential real time kinematic* dapat membantu kegiatan survei secara cepat dan tepat dibandingkan dengan memakai metode yang konvensional. Selain itu dengan memakai metode ini tingkat akurasinya sekitar 1 sampai 3 meter.

## 2.8 Metode Analytical Hierarchy Process (AHP)

Metode *Analytical Hierarchy Process* dikembangkan oleh Saaty (1983) sebagai algoritma pengambilan keputusan untuk permasalahan multikriteria (*Multi Criteria Decision Making*). Konsep dasar metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) adalah penggunaan matriks *pairwise comparison* (matriks perbandingan berpasangan) untuk menghasilkan bobot relatif antar kriteria maupun alternatif. Suatu kriteria akan dibandingkan dengan kriteria lainnya dalam hal seberapa penting terhadap pencapaian tujuan di atasnya (Saaty, 1983).

Metode AHP merupakan suatu model pengambilan keputusan yang bersifat komprehensif. AHP mempunyai kemampuan untuk memecahkan masalah yang

multiobjektif dan multikriteria yang berdasarkan pada perbandingan preferensi dari setiap elemen dalam hirarki.

Berikut ini adalah beberapa kelebihan metode AHP: (Suryadi dan Ramdhani, 2000 dalam Sinabu, 2009)

1. Struktur yang berhirarki, sebagai konsekuensi dari kriteria yang dipilih, sampai pada subkriteria yang paling dalam.
2. Memperhitungkan validitas sampai dengan batas toleransi inkonsistensi berbagai kriteria dan alternatif yang dipilih oleh para pengambil keputusannya.
3. Memperhitungkan daya tahan atau ketahanan *output* analisis sensitivitas pengambilan keputusan.

Tabel 2. 4 Tingkat Kepentingan Metode AHP

Tingkat Kepentingan	Keterangan
1	Kedua elemen mempunyai pengaruh yang sama
3	Pengalaman dan penilaian sangat memihak satu elemen dibandingkan dengan pasangannya
5	Pengalaman pertimbangan dengan kuat mendukung satu elemen atas yang lain
7	Satu elemen dengan kuat dominasinya telah terlihat dalam praktik.
9	Elemen yang satu terhadap elemen lain memiliki tingkat penegasan tertinggi yang menguatkan.
2, 4, 6, 8	Nilai ini diberikan bila ada dua kompromi diantara dua pilihan

Sumber : Saaty, 1983 dalam Marimin 2004

Penilaian dalam membandingkan antara satu kriteria dengan kriteria yang lain adalah bebas satu sama lain dan hal ini dapat mengarah pada ketidakkonsistensian. Saaty (1990) telah membuktikan bahwa indeks konsistensi (CI) dari matriks berorde  $n$  dapat diperoleh dengan formula berikut:

$$CI = \frac{(\lambda_{\text{maks}} - n)}{(n-1)} \dots\dots\dots 2.2$$

Dimana :

CI = Indeks Konsistensi (*Consistency Index*)

$\lambda_{\text{maks}}$  = Nilai *eigen* terbesar dari matriks berorde  $n$

Nilai *eigen* terbesar didapat dengan menjumlahkan hasil perkalian jumlah kolom dengan *eigen vector*. Batas ketidakkonsistensian diukur dengan menggunakan rasio konsistensi (CR), yakni perbandingan indeks konsistensi (CI) dengan nilai pembangkit random (RI). Nilai ini bergantung pada ordo matriks  $n$ .

$$CR = \frac{CI}{RI} \dots\dots\dots 2.3$$

Tabel 2. 5 Indeks Konsistensi Random (CR)

NO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

Bila nilai CR lebih kecil dari 10% (0.1) maka ketidakkonsistensian pendapat masih dapat diterima.

### 2.8.1 Expert Choice

*Expert Choice* adalah sebuah aplikasi yang khusus digunakan sebagai alat bantu implementasi model-model dalam *Decission Support System* (DSS) atau yang lebih dikenal dengan sebutan Sistem Penunjang Keputusan (SPK).

Beberapa kemudahan *Expert Choice* dibandingkan dengan *software* sejenis, adalah:

- Fasilitas *Graphical User Interface* (GUI) yang mudah digunakan, sehingga cocok digunakan baik kalangan perusahaan ataupun bagi kalangan akademik yang baru saja mempelajari tentang seluk beluk Sistem Penunjang Keputusan.
- Banyak fitur-fitur yang menyediakan pemodelan *Decission Support System* secara baik tanpa perlu melakukan *setting* parameter-parameter yang terlalu banyak.

Perangkat lunak ini dapat digunakan untuk menentukan keputusan-keputusan yang sulit untuk dipecahkan ataupun diputuskan oleh para pengambil keputusan. *Software* ini memiliki tingkat keakuratan yang tinggi untuk metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP).

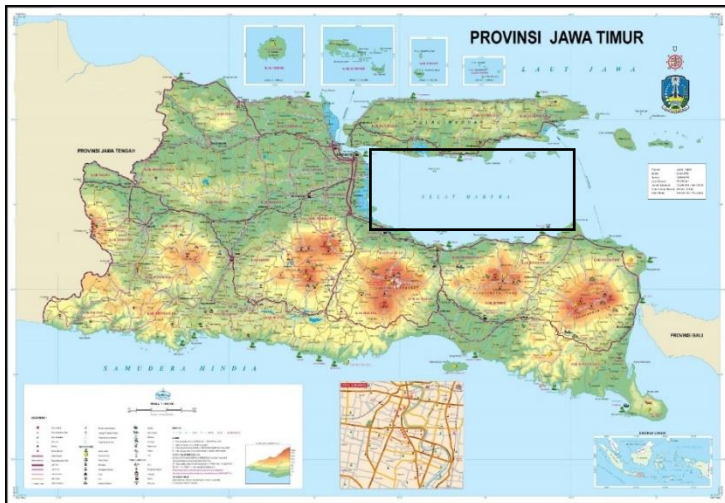
*“halaman ini sengaja dikosongkan”*



## BAB III METODOLOGI

### 3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini berada di Perairan Madura, Provinsi Jawa Timur. Detail lokasi studi kasus tidak akan disebutkan di dalam penelitian ini demi privasi perusahaan penyedia data.



Gambar 3. 1 Lokasi Penelitian

Sumber: [www.bakosurtanal.go.id/bakosurtanal/peta-provinsi](http://www.bakosurtanal.go.id/bakosurtanal/peta-provinsi)

### **3.2 Data dan Peralatan**

#### **3.2.1 Data**

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data tahun 2013, data-data tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Data *Multibeam Echosounder* daerah penelitian
- b. Data *Side Scan Sonar* daerah penelitian
- c. Data *Magnetometer* daerah penelitian
- d. Data pasang surut perairan tersebut

#### **3.2.2 Peralatan**

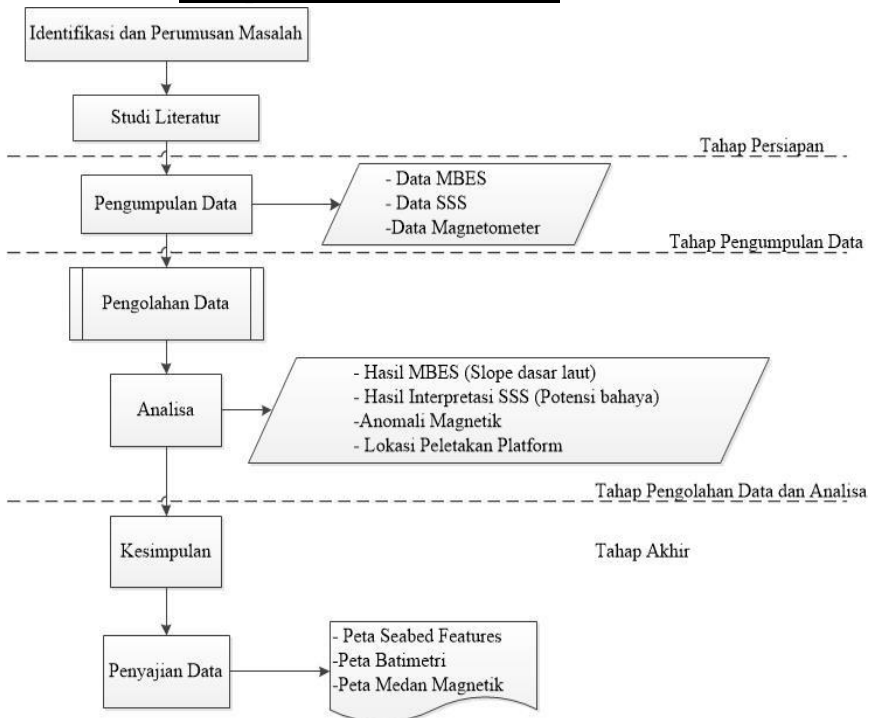
Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Perangkat Keras (*Hardware*)
  - i. Komputer
  - ii. Printer
- b. Perangkat Lunak (*Software*)
  - i. *AutoCAD Land Desktop* 2009
  - ii. *Triton Isis* milik PT. Pageo Utama
  - iii. *Qinsy Console* 8.0 milik PT. Pageo Utama
  - iv. *ArcMap* 10.3.1
  - v. *Microsoft Office* 2013
  - vi. *Expert Choice*

### 3.3 Metodologi Penelitian

Tahapan pelaksanaan penelitian ini terbagi menjadi empat tahapan yang terdiri Dari Tahap Persiapan, Tahap Pengumpulan Data, Tahap Pengolahan Data dan Analisa Data, Tahap Akhir.

#### 3.3.1 Tahap Pelaksanaan Penelitian



Gambar 3. 2 Diagram Alir Tahap Pelaksanaan Penelitian

Penjelasan diagram alir tahap pelaksanaan penelitian adalah sebagai berikut:

a. Tahap Persiapan

a. Identifikasi dan Perumusan Masalah

Identifikasi dan perumusan masalah yang diangkat pada penelitian ini adalah studi tentang optimasi peletakan anjungan minyak lepas pantai (*platform*) menggunakan MBES, SSS dan *magnetometer* serta melakukan analisis terhadap morfologi dasar laut dan potensi bahaya yang dapat membahayakan *platform*.

b. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan setelah identifikasi dan perumusan masalah. Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan referensi yang berhubungan dengan instalasi anjungan minyak lepas pantai, MBES, SSS dan *magnetometer*, *hazard*, fitur-fitur dasar laut serta anomali magnetik.

b. Tahap Pengumpulan Data

Data-data yang diperlukan untuk penelitian ini meliputi data MBES, data SSS, dan data *magnetometer* serta data pendukung lainnya diperoleh dari PT. Pageo Utama.

c. Tahap Pengolahan Data dan Analisis

a. Pengolahan Data

Penelitian ini menggunakan tiga instrumentasi yaitu SSS, MBES, dan Magnetometer. Pengolahan data dibagi menjadi 3 tahapan yaitu pengolahan data SSS yang dimulai dari koreksi *slant range* citra SSS, pembuatan mozaik dan interpretasi citra SSS. Pengolahan data MBES meliputi *filtering spike data*, pembuatan kontur batimetri dan *slope* dasar laut. Sedangkan pengolahan data magnetometer meliputi pembuatan kontur anomali magnetik.

b. Analisis

Pada tahap analisis dilakukan analisis pada masing-masing data. Analisa data SSS meliputi analisa potensi bahaya yang dapat membahayakan *platform* dan fitur-fitur dasar laut (*seabed features*). Analisa data MBES meliputi *slope* dasar laut untuk lokasi peletakan *platform*. Analisa data magnetometer meliputi analisa anomali magnetik yang digunakan untuk mendeteksi ada atau tidaknya logam seperti pipa, kabel, serta fitur-fitur dasar laut lainnya, di sekitar area penelitian.

d. Tahap Akhir

a. Kesimpulan

Menyimpulkan hasil yang didapat pada tahap analisis dan merekomendasikan lokasi peletakan anjungan minyak lepas pantai.

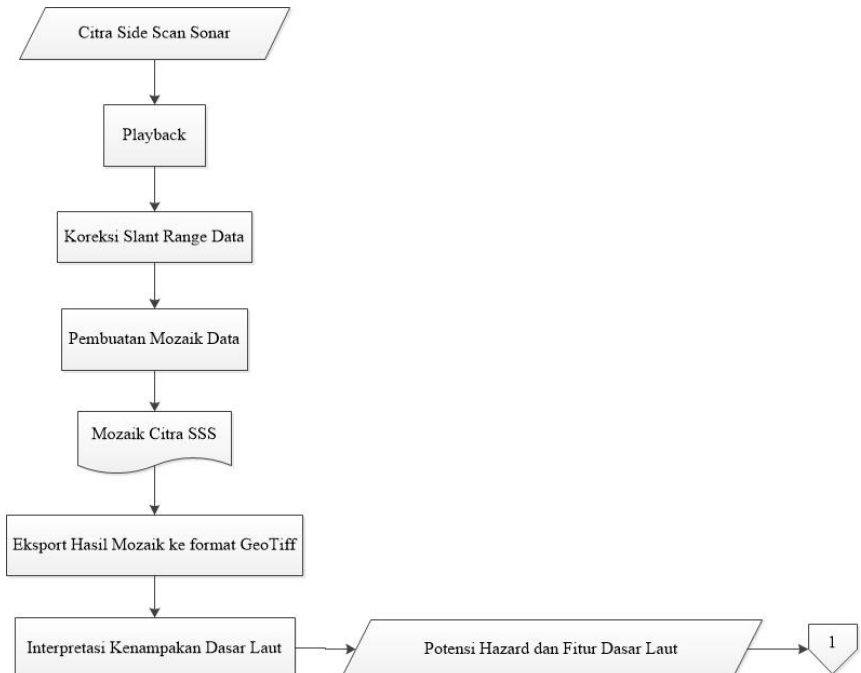
b. Penyajian Data

Hasil akhir dari *seabed features*, anomali magnetik dan rekomendasi lokasi *platform* disajikan dalam bentuk peta dan laporan.

### **3.3.2 Tahap Pengolahan Data**

Diagram alir pengolahan data SSS, data MBES, dan data magnetometer dibuat secara terpisah agar lebih jelas. Kemudian, ketiga hasil pengolahan data tersebut akan digabungkan dan dilakukan analisis.

### 3.3.2.1 Tahap Pengolahan Data *Side Scan Sonar*



Gambar 3. 3 Diagram Alir Tahap Pengolahan Data *Side Scan Sonar*

Penjelasan diagram alir tahap pelaksanaan pengolahan data *side scan sonar* adalah sebagai berikut:

- a. *Citra Side Scan sonar*  
Citra SSS adalah data yang diperoleh dari hasil survei.
- b. *Playback*  
Data SSS ditampilkan ulang (*playback*). *Playback* bertujuan untuk memastikan bahwa data SSS yang diperoleh dalam kondisi baik (tidak ada *error*).
- c. *Koreksi Slant Range*  
*Koreksi slant range* bertujuan untuk mengkoreksi jarak miring pada citra SSS sehingga jarak yang didapat merupakan jarak datar.

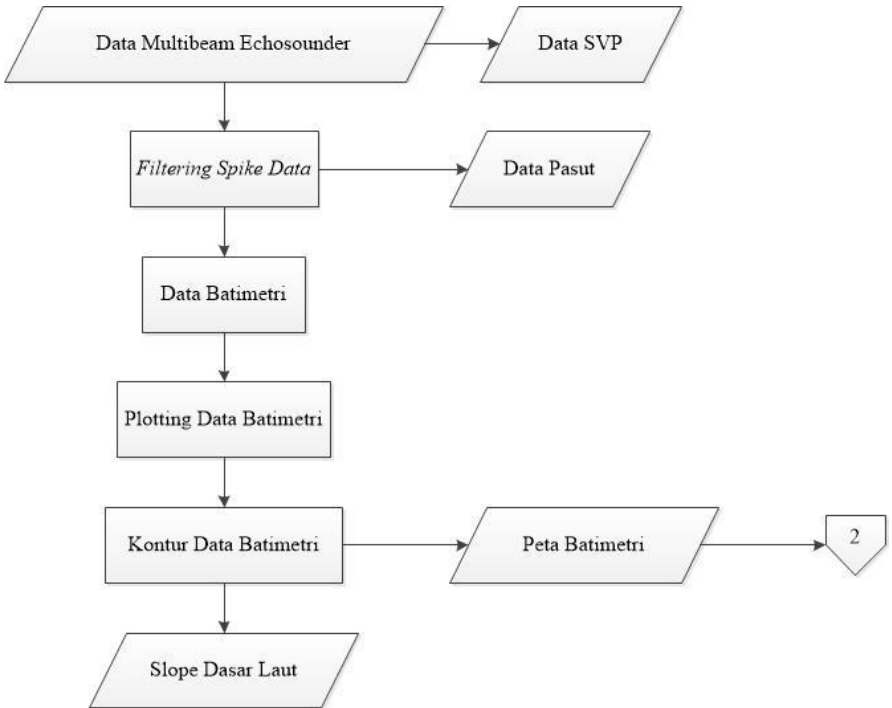
d. Pembuatan Mozaik Data

Citra SSS kemudian dibuat mozaik untuk mendapatkan gambaran kenampakan permukaan dasar laut secara menyeluruh.

e. Interpretasi Kenampakan Dasar Laut

Mozaik citra tersebut kemudian diinterpretasi dengan software *Autocad Map* untuk mendapatkan *hazard* seperti *pockmark*, *shallow gas*, serta fitur-fitur dasar laut. Dari interpretasi tersebut, jika ditemukan *hazard* dan fitur dasar laut, selanjutnya dilakukan digitasi pada fitur dasar laut tersebut.

### 3.3.2.2 Tahap Pengolahan Data *Multibeam Echosounder*



Gambar 3. 4 Diagram Alir Tahap Pengolahan Data *Multibeam Echosounder*

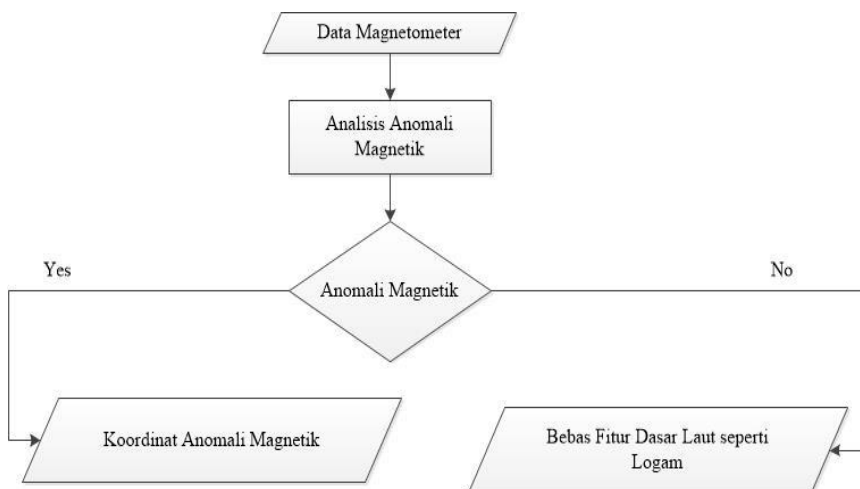
Penjelasan diagram alir tahap pengolahan data *multibeam echosounder* adalah sebagai berikut:

- a. Data MBES dan *Filtering Spike Data*  
Data MBES yang telah diperoleh diolah cara menghilangkan data *spike* (*filtering spike data*) yaitu anomaly data yang disebabkan oleh gerakan kapal, adanya makhluk hidup yang tidak sengaja melintas di jalur survei.
- b. Data MBES yang sudah dilakukan proses *filtering spike data* kemudian dilakukan reduksi dengan data pasang surut wilayah perairan tersebut (data pasang surut yang



- digunakan yaitu data prediksi pasang surut stasiun Kalianget yang dikeluarkan oleh Pusat Hidrografi dan Oseanografi TNI Angkatan Laut (Pushidrosal).
- Data MBES menghasilkan koordinat pada lajur pemeruman, kemudian koordinat tersebut di plot.
  - Koordinat yang sudah diplot kemudian diolah menjadi kontur sehingga menghasilkan peta batimetri. Peta batimetri ini selanjutnya digunakan untuk menganalisa fitur dasar laut dengan data SSS.
  - Kontur batimetri diolah menjadi *slope* (kemiringan lereng) untuk dijadikan analisa *slope*.

### 3.3.2.3 Tahap Pengolahan Data Magnetometer



Gambar 3. 5 Diagram Alir Tahap Pengolahan Data Magnetometer

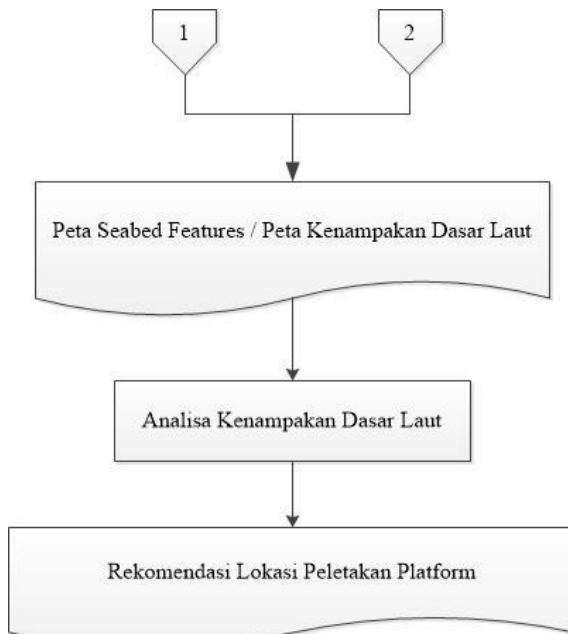
Penjelasan diagram alir tahap pelaksanaan pengolahan data magnetometer adalah sebagai berikut:

- Data Magnetometer**  
Data magnetometer yang diperoleh dari hasil survei kemudian diolah untuk mengetahui anomali magnetik. Data magnetometer digunakan untuk mendeteksi anomali

magntik yang bertujuan untuk mengetahui apakah ada logam baik yang berada di permukaan maupun terkubur di dasar laut.

- b. Analisis Anomali Magnetik  
Data magnetometer dilakukan analisis anomali magnetik. Anomali magnetik diketahui dari perubahan nilai medan magnet pada lajur pemeruman.
- c. Dari analisis anomali magnetik jika terdapat anomali magnetik pada daerah penelitian maka disajikan dengan daftar koordinat anomali magnetik tersebut, tetapi jika tidak ada anomali magnetik maka daerah penelitian bebas dari fitur dasar laut seperti logam.

### 3.3.2.4 Tahap Penggabungan Hasil Data SSS dan Hasil Data MBES



Gambar 3. 6 Diagram Alir Tahap Penggabungan Hasil *Multibeam Echosounder* dengan *Side Scan Sonar*

Penjelasan diagram alir tahap penggabungan hasil data SSS dan MBES adalah sebagai berikut:

- a. Penggabungan (*Overlay*) Hasil Data SSS dan MBES  
Penggabungan hasil data *side scan sonar* yaitu potensi bahaya dan fitur dasar laut, sedangkan hasil data MBES adalah peta batimetri.
- b. *Peta Seabed Features* atau Peta Kenampakan Dasar Laut  
Penggabungan hasil data SSS dan MBES menghasilkan *peta seabed features*.

- c. Analisa Kenampakan Dasar Laut  
Analisa kenampakan dasar laut dari peta *seabed features* meliputi potensi bahaya yang dapat membahayakan *platform* serta fitur-fitur dasar laut apa saja yang terdapat pada lokasi penelitian.
- d. Rekomendasi Lokasi Peletakan *Platform*  
Hasil dari analisa tersebut adalah memberikan rekomendasi lokasi peletakan *platform* yang aman dari bahaya dan fitur dasar laut.

## **BAB IV**

### **HASIL DAN ANALISA**

#### **4.1 Data**

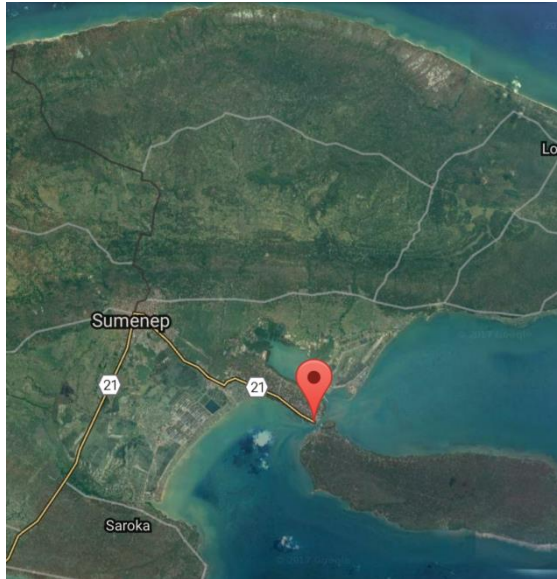
##### **4.1.1 Data**

Daerah penelitian ini merupakan daerah survei dengan panjang 1000 m dan lebar 1000 m. Data lajur perum daerah penelitian terdiri dari 20 lajur utama dan 10 jalur silang dengan spasi 50 meter pada jalur utama dan 100 meter pada jalur silang. Lajur silang perlu dilakukan untuk kepentingan validasi data kedalaman yang didapat pada pemeruman lajur utama.

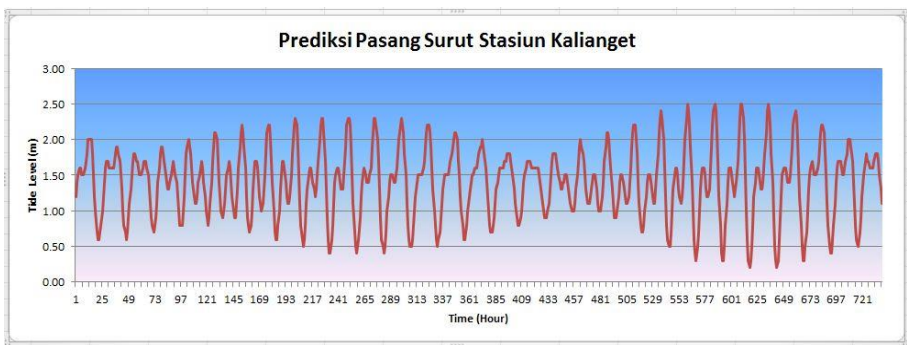
Pengolahan data kedalaman survei dilakukan dengan mengolah data MBES dan direduksi terhadap data perkiraan pasang surut dari Pusat Hidrografi dan Oseanografi TNI Angkatan Laut (Pushidrosal), sedangkan untuk mengetahui gambaran kenampakan permukaan dasar laut digunakan data hasil pencitraan SSS dan untuk mendeteksi logam-logam seperti pipa dan kabel bawah laut digunakan data magnetometer yang kemudian dianalisa untuk mengidentifikasi kondisi permukaan dasar laut secara keseluruhan.

##### **4.1.2 Survei Batimetri**

Pengolahan survei batimetri menggunakan data MBES, dan data pasang surut. Data pasang surut yang digunakan adalah data prediksi pasang surut stasiun Kalianget, mulai pada tanggal 10 Mei 2013 sampai dengan 28 Mei 2013.



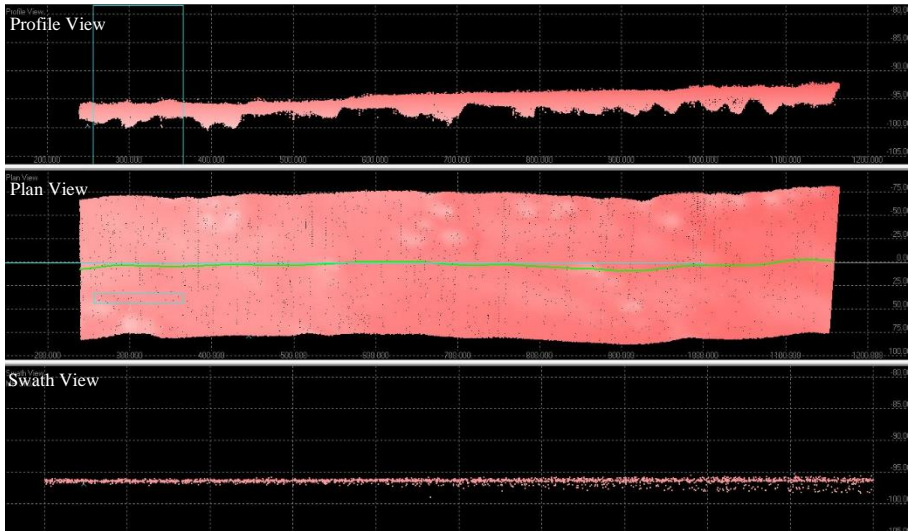
Gambar 4. 1 Lokasi Stasiun Pasang Surut Kalianget, Madura



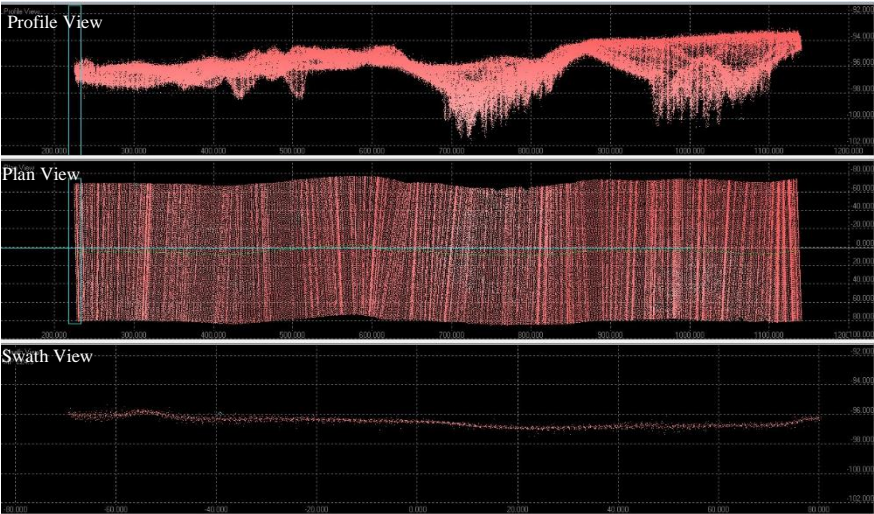
Gambar 4. 2 Grafik Data Prediksi Pasang Surut Stasiun  
Kalianget

Koreksi yang diterapkan saat pengolahan data diantaranya pembersihan terhadap gangguan data atau yang dikenal dengan *spike* yang terjadi akibat operasional kapal, gelembung air dan faktor lainnya, koreksi profil

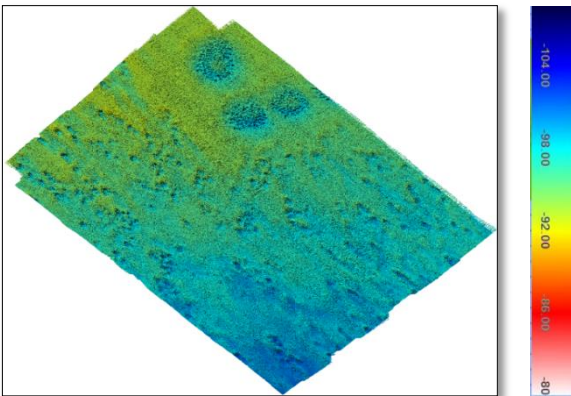
kecepatan suara (*sound velocity profiler*) serta pasang surut untuk mereduksi kedalaman yang diperoleh terhadap variasi muka air laut.



Gambar 4. 3 Data MBES Sebelum *Filtering Spike Data*



Gambar 4. 4 Data MBES Sesudah *Filtering Spike Data*



Gambar 4. 5 Kenampakan Dasar Laut



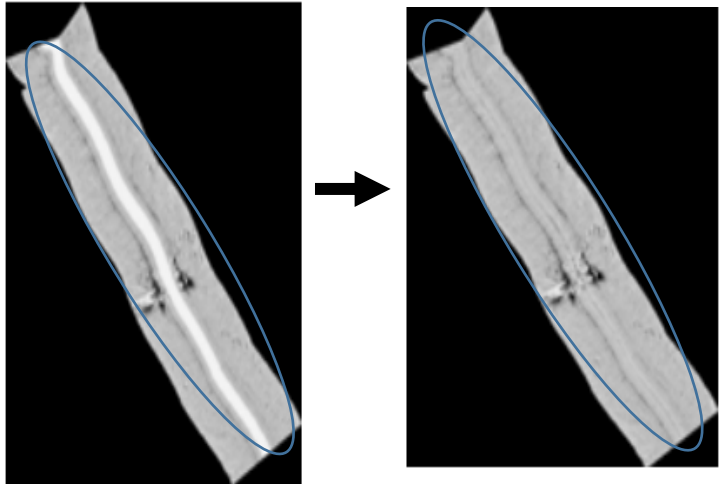
Data yang telah diperoleh tersebut diolah lebih lanjut menjadi GeoTiff dan dijadikan peta batimetri dan peta kenampakan dasar laut (*seabed surface*).

#### **4.1.3 Citra Side Scan Sonar**

Citra SSS ini diperoleh dari instrumen *Edgetech* 4200. Instrumen ini menghasilkan citra *dual frequency* yaitu citra dengan frekuensi tinggi (*high frequency*) dengan besar frekuensi 600 kHz dan citra dengan frekuensi rendah (*low frequency*) dengan besar frekuensi 300 kHz. SSS dengan frekuensi rendah memiliki resolusi citra yang rendah dan jangkauan sapuan yang luas, sementara SSS dengan frekuensi tinggi memiliki resolusi citra yang bagus dan jangkauan sapuan yang sempit. Instrumen ini tidak dipasang pada kapal seperti SSS melainkan ditarik pada bagian kapal.

Pengolahan data citra SSS dilakukan dengan koreksi jarak miring (*slant range*) untuk menghilangkan daerah dibawah SSS yang tidak terekam pada citra (*blind spot*). Sebelum dikoreksi *slant range*, pada citra terdapat adanya area berwarna putih. Hal tersebut menunjukkan bahwa area tersebut tidak terekam oleh SSS, untuk itulah dilakukan koreksi *slant range* sehingga citra yang sudah dikoreksi tidak mempunyai *blind spot*.

Adapun perbedaan antara citra yang belum dan sudah dikoreksi *slant range* dapat dilihat pada gambar 4.4



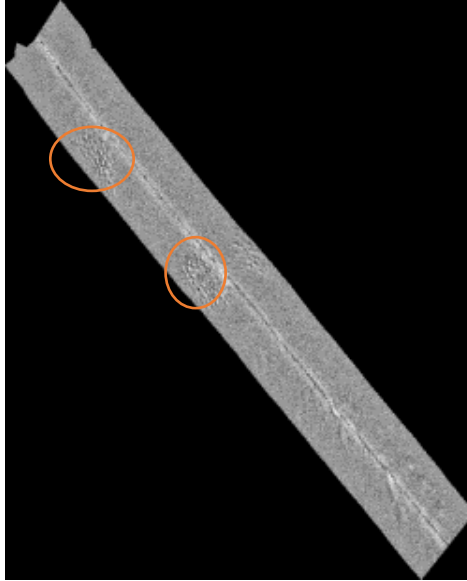
Gambar 4. 6 Citra SSS Sebelum (Kiri) dan Sesudah (Kanan) Koreksi *Slant Range*

Citra SSS sebelum dikoreksi *slant range* (kiri) sebelum dikoreksi *slant range* pada citra terdapat area yang berwarna putih (*blind spot*) sehingga menghalangi kenampakan citra secara keseluruhan. Sedangkan citra SSS yang sudah dikoreksi *slant range* (kanan) tidak lagi terdapat area yang berwarna putih (*blind spot*) sehingga kenampakan citra dapat terlihat utuh.

Setelah proses koreksi *slant range* dilakukan pada masing-masing lajur survei maka kemudian citra *side scan sonar* diinterpretasikan untuk identifikasi gambaran permukaan morfologi dasar laut.

#### 4.1.4 Interpretasi Citra *Side Scan Sonar*

Interpretasi hasil pencitraan SSS dilakukan secara manual pada tiap-tiap lajur survei. Dari interpretasi tersebut didapatkan morfologi dasar laut.



Gambar 4. 7 Lajur Survei ML-01 Menunjukkan Adanya *Pockmark*

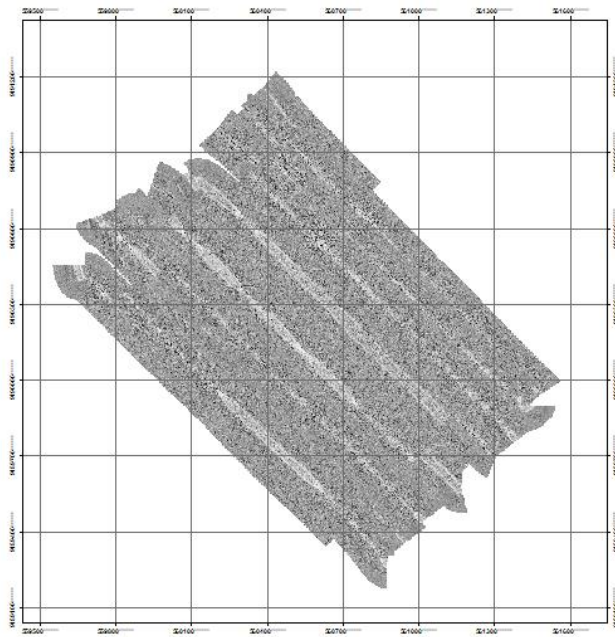
Interpretasi merupakan langkah awal dan sangat diperlukan. Interpretasi dilakukan pada tiap-tiap jalur survei inilah yang nantinya akan memaparkan detail-detail yang ada pada permukaan dasar laut.

Adapun fitur-fitur dasar laut yang terekam dari 20 citra *side scan sonar* jalur utama dan 10 citra *side scan sonar* jalur silang daerah penelitian adalah sebagai berikut:

- i. *Individual Pockmark*
- ii. *Pockmark Cluster*

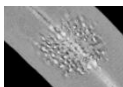
#### 4.1.5 Mozaik Citra Side Scan Sonar

Mozaik citra SSS merupakan gabungan dari beberapa citra SSS yang menggambarkan kenampakan permukaan dasar laut. Mozaik tersebut merupakan hasil koreksi *slant range* dan interpretasi SSS pada tiap lajur utama dan lajur silang yang saling bertampalan.

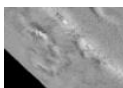


Gambar 4. 8 Hasil Mozaik Citra SSS

Keterangan:



*Pockmark Cluster*



*Individual Pockmark*

#### 4.1.6 Magnetometer

Survei magnetik pada daerah penelitian terdiri dari 33 jalur lintasan. Survei magnetik menggunakan instrumen *Sea Spy Magnetometer* yang mempunyai ketelitian pembacaan sampai 0.2 nanotesla (nT). Instrumen ini menghasilkan koordinat dan intensitas medan magnet.

Saat survei berlangsung, *towfish* magnetometer ditarik dari belakang kapal dengan jarak sejauh  $\pm 200$  meter. Hal ini dimaksudkan untuk mendekatkan jarak *towfish* terhadap permukaan dasar laut dan menghindari efek magnetik terhadap kapal. Telah dibahas sebelumnya bahwa kapal yang digunakan untuk survei magnetik juga memiliki medan magnet tersendiri.

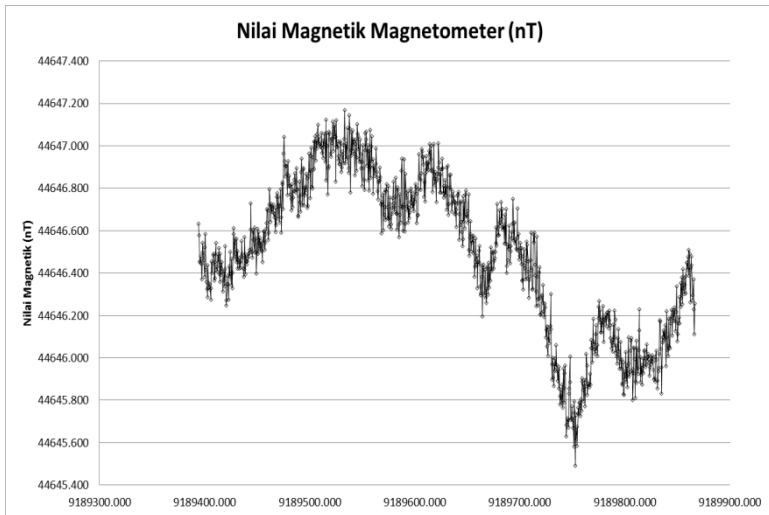
/----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- -----																	
/Marine Magnetics Corp. Magnetometer Data Log [25/05/2013 19:37:31]																	
/Filename -- [D:\GRADIO\MDA-ADD-01\Export.csv]																	
/Datum -- [WGS-84]																	
/----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- -----																	
Reading_Da	Reading_T	Depth	Altitude	Measurem	Gradient	(Weak_Sig)	Poor_Reac	Total_Grav	Aft_Field	Aft_Signal	Aft_Measu	Aft_Gradie	Aft_Weak	Aft_Poor	Aft_Depth	Aft_Altituc	Longitude
26-May-13	35:51.5	64.8	23.8	465				0.006	44601.1	179	465				66.9	23.8	-0.006
26-May-13	35:52.0	64.3	24.1	464				0.007	44601.03	176	464				66.9	24.1	-0.007
26-May-13	35:52.5	64.3	24.1	465				0.008	44601.03	173	465				66.9	24.1	-0.008
26-May-13	35:53.0	63.4	23.6	464				0.01	44600.98	170	464				66.9	23.6	-0.01
26-May-13	35:53.5	64.3	24.3	465				0.01	44600.92	169	465				66.9	24.3	-0.01
26-May-13	35:54.0	64.3	24.1	465				0.009	44600.93	169	465				66.9	24.1	-0.009
26-May-13	35:54.5	64.3	23.6	465				0.009	44600.83	169	465				66.9	23.6	-0.009
26-May-13	35:55.0	64.3	25.2	465				0.011	44600.85	168	465				66.9	25.2	-0.011
26-May-13	35:55.5	63	25.1	465				0.009	44600.78	169	465				66.9	25.1	-0.009
26-May-13	35:56.0	63	24.3	465				0.01	44600.79	170	465				66.9	24.3	-0.01
26-May-13	35:56.5	64.3	23.4	465				0.012	44600.83	168	465				66.9	23.4	-0.012
26-May-13	36:32.0	61.2	27.5	965				0.029	44599.32	186	965				62	27.5	-0.029
26-May-13	36:33.0	61.2	27.7	964				0.03	44599.28	186	964				62	27.7	-0.03
26-May-13	36:34.0	60.8	28.6	964				0.031	44599.26	185	964				62	28.6	-0.031
26-May-13	36:35.0	60.8	29	965				0.033	44599.23	184	965				62	29	-0.033
26-May-13	36:36.0	60.8	28.6	965				0.031	44599.15	184	965				62	28.6	-0.031
26-May-13	36:37.0	60.8	28	965				0.033	44599.14	184	965				62	28	-0.033

Gambar 4. 9 Data Pengukuran Magnetometer

Data magnetometer digunakan untuk analisa terhadap ada atau tidaknya objek logam seperti pipa, kabel, atau instalasi baik yang berada di permukaan dasar

laut maupun terkubur di dasar laut. Nilai magnetik tersebut dinyatakan dengan satuan nanoTesla (nT).

Survei magnetik dengan magnetometer menggunakan instrumen *Sea Spy Magnetometer* dengan jalur survei sebanyak 33 jalur survei magnetik.



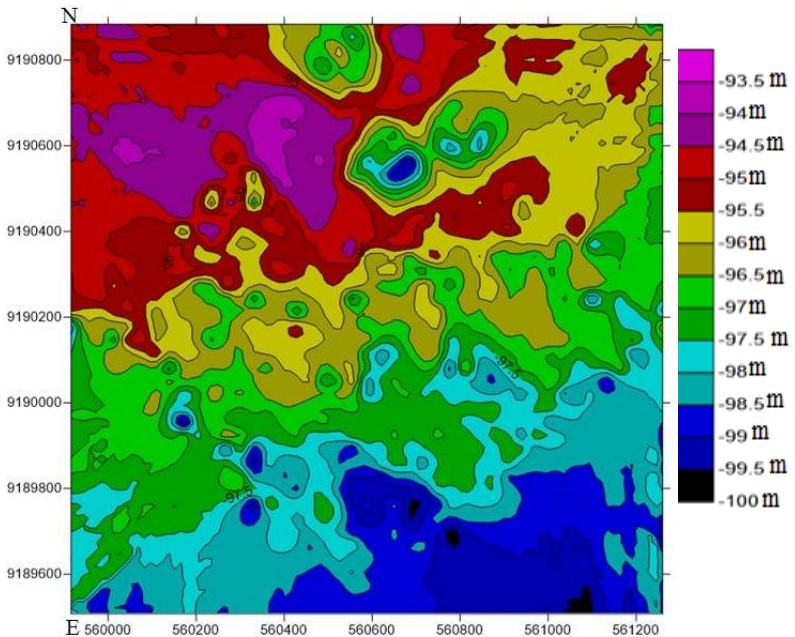
Gambar 4. 10 Grafik Nilai Magnetik

## 4.2 Pembahasan dan Analisa

### 4.2.1 Kemiringan Dasar Laut (*Slope*)

Pembuatan *slope* dasar laut berdasarkan data batimetri yang diolah menjadi kontur sehingga menghasilkan *slope*.

Hasil survei batimetri menunjukkan bahwa kedalaman daerah survei berkisar antara kedalaman 93.6 meter sampai 100 meter. Nilai kedalaman tersebut menunjukkan bahwa bentuk topografi dasar laut yang cenderung landai.



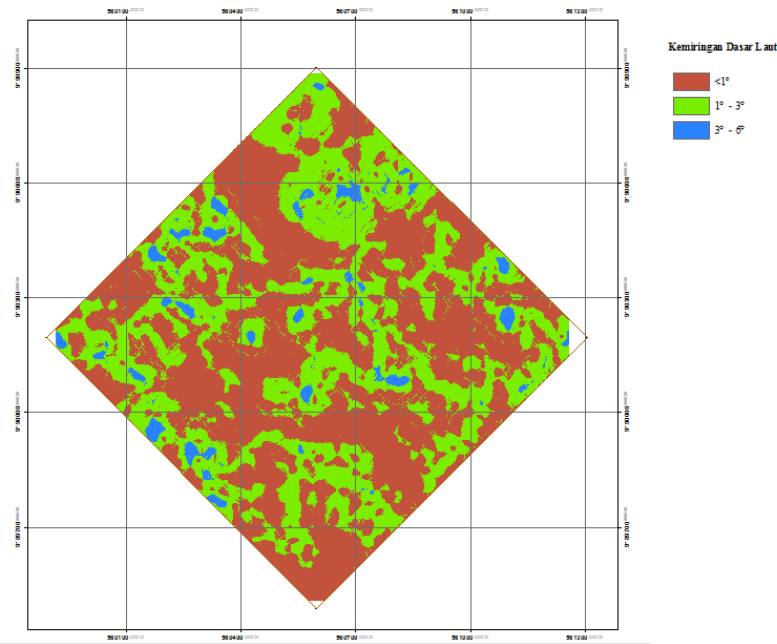
Gambar 4. 11 Kontur Perairan Daerah Penelitian

Pengolahan kontur tersebut diolah sehingga membentuk (*slope*). *Slope* diklasifikasikan yang mengacu pada *United State Soil System Management* dan

*Universal Soil Loss Equation* (Verstappen, 1953 dalam Ali Agus, 2014).

Tabel 4. 1 Klasifikasi Kemiringan Lereng

Klasifikasi USSSM (%)	Kemiringan lereng (°)	Keterangan
0 – 2	< 1	Datar
2 – 6	1 – 3	Agak landai
6 – 13	3 – 6	Landai
13 – 25	6 – 9	Agak Curam
25 – 55	9 – 25	Curam
> 55	25 - 26	Sangat Curam
	> 65	Terjal

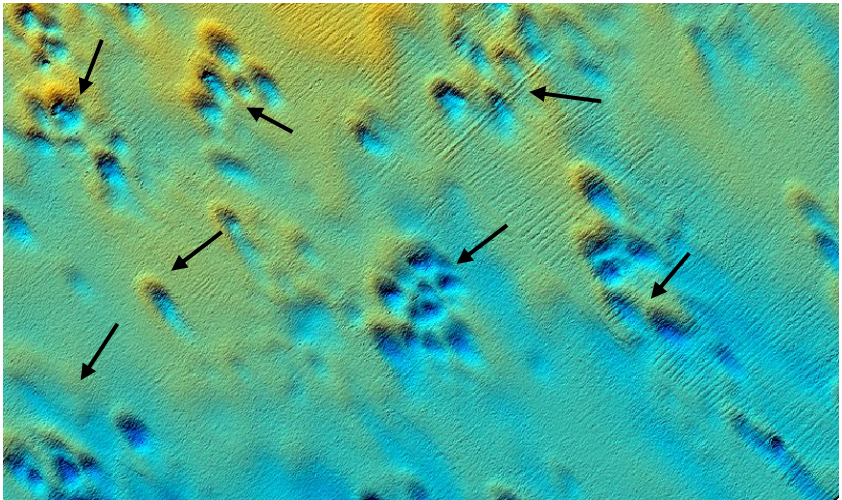


Gambar 4. 12 Kemiringan Dasar Laut (*Slope*)



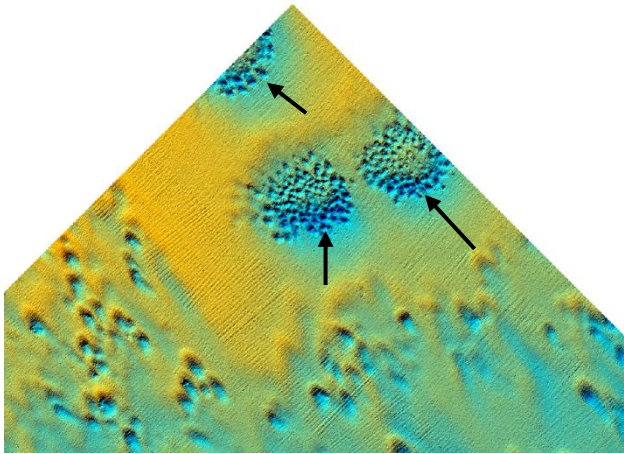
#### 4.2.2 Identifikasi Potensi Bahaya (Hazard)

Hasil pengolahan citra SSS, dapat diidentifikasi *hazard* berupa fitur alam yaitu *Pockmark*. Objek *hazard* ini akan berperan sebagai *obstacle* dalam perencanaan peletakan anjungan minyak lepas pantai. Pada citra SSS terdapat dua jenis *pockmark*, yaitu *individual pockmark* dan *pockmark cluster*.



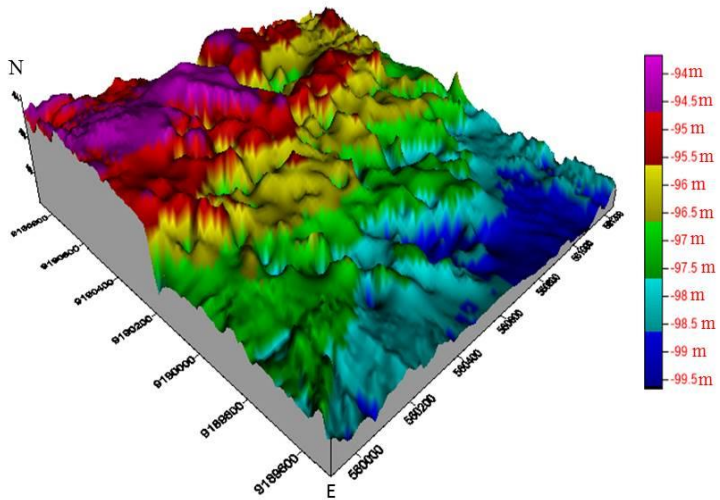
Gambar 4. 13 Kenampakan *Individual Pockmark* pada *Seabed Surface*

Gambar 4.10 diatas adalah gambar kenampakan *individual pockmark* pada daerah penelitian. Di lokasi penelitian tersebut terdapat 109 *individual pockmark* yang merupakan potensi bahaya terhadap perencanaan peletakan anjungan minyak lepas pantai.



Gambar 4. 14 Kenampakan *Pockmark Cluster* pada *Seabed Surface*

Gambar 4.11 diatas adalah gambar kenampakan *pockmark cluster* pada daerah penelitian. Di lokasi penelitian tersebut terdapat 3 *pockmark cluster* yang merupakan potensi bahaya terhadap perencanaan peletakan anjungan minyak lepas pantai.



Gambar 4. 15 Kenampakan 3D *Pockmark* dan *Seabed Surface*

Data *seabed surface* ini akan dianalisa berdasarkan luas dan keliling *pockmark* pada daerah penelitian. Hasil analisa pada *pockmark* akan ditampilkan pada Tabel 4.2 berikut ini:

Tabel 4. 2 Tabel Analisa *Individual Pockmark*

Kode	Koordinat		Luas (m <sup>2</sup> )	Keliling (m)	Kedalaman (m)
	Easting (m)	Northing (m)			
IP-01	560341.383	9190519.034	423.385	82.403	-95
IP-02	560338.023	9190485.663	197.814	59.898	-96
IP-03	560350.793	9190453.859	550.473	107.334	-96
IP-04	560241.167	9190488.495	307.574	67.552	-95
IP-05	560249.228	9190443.192	284.012	76.929	-97
IP-06	560269.080	9190391.873	276.052	66.165	-98
IP-07	560285.856	9190406.167	178.820	54.655	-95
IP-08	560327.359	9190384.901	360.951	94.151	-96
IP-09	560357.582	9190354.972	288.960	64.497	-98
IP-10	560264.126	9190346.401	225.800	56.176	-95.5
IP-11	560288.198	9190260.087	86.405	36.471	-95
IP-12	560278.830	9190302.324	50.123	27.455	-95.5
IP-13	560441.556	9190314.012	358.619	76.059	-95
IP-14	560456.898	9190279.810	200.376	53.646	-96.5
IP-15	560477.921	9190277.980	362.251	77.328	-97
IP-16	560432.871	9190281.273	452.174	86.803	-96.5
IP-17	560427.258	9190255.278	414.285	78.240	-97.5
IP-18	560448.078	9190199.749	461.846	82.462	-97
IP-19	560571.098	9190227.607	329.987	72.052	-97
IP-20	560643.411	9190269.654	358.466	71.807	-97.5
IP-21	560690.763	9190257.968	328.016	75.853	-96
IP-22	560671.436	9190304.931	239.453	66.901	-98
IP-23	560718.845	9190325.509	669.355	115.951	-98.5
IP-24	560771.086	9190291.690	379.944	79.326	-95
IP-25	560684.805	9190363.224	347.931	71.032	-98.5
IP-26	560785.957	9190383.102	447.029	89.733	-97

Kode	Koordinat		Luas (m <sup>2</sup> )	Keliling (m)	Kedalaman (m)
	Easting (m)	Northing (m)			
IP-27	560779.186	9190173.872	743.123	123.354	-96.5
IP-28	560817.830	9190117.693	534.686	91.584	-96
IP-29	560788.051	9190099.167	388.236	73.779	-96
IP-30	560838.652	9190042.319	264.987	66.680	-97
IP-31	560624.532	9190062.318	340.387	70.097	-97
IP-32	560644.429	9190088.161	204.691	56.206	-98
IP-33	560617.606	9190108.347	321.657	73.704	-95
IP-34	560590.490	9190078.051	517.649	89.019	-97
IP-35	560188.736	9190378.951	430.058	77.320	-98
IP-36	560231.808	9190238.762	579.569	102.852	-95
IP-37	560270.099	9190221.116	282.696	64.375	-98
IP-38	560342.370	9190185.941	790.516	118.819	-95
IP-39	560254.021	9190145.393	637.354	99.259	-98
IP-40	560274.520	9190252.370	198.261	58.160	-96
IP-41	560345.635	9190224.166	148.341	45.397	-97
IP-42	560076.998	9190217.190	603.440	96.992	-98
IP-43	560002.435	9190264.248	256.529	62.630	-96
IP-44	560034.296	9190219.764	637.515	101.217	-98
IP-45	560124.024	9190119.147	378.207	79.300	-98
IP-46	560147.915	9190074.926	279.245	65.556	-96
IP-47	560145.472	9190116.929	143.574	45.836	-96
IP-48	560167.954	9190115.927	365.539	71.035	-98
IP-49	560185.557	9190074.207	653.827	104.465	-98
IP-50	560155.435	9190039.600	708.927	110.542	-98
IP-51	560179.732	9189990.233	351.141	75.741	-98
IP-52	560155.149	9189970.576	254.716	59.385	-97
IP-53	560360.565	9189943.258	430.407	76.865	-98

Kode	Koordinat		Luas (m <sup>2</sup> )	Keliling (m)	Kedalaman (m)
	Easting (m)	Northing (m)			
IP-54	560393.845	9190059.356	399.353	98.511	-95.5
IP-55	560701.081	9189793.948	250.970	60.743	-96.5
IP-56	560580.205	9189864.522	480.432	91.216	-96
IP-57	561076.928	9190267.182	746.599	104.792	-95
IP-58	561065.723	9190136.053	1,516.111	167.074	-97
IP-59	561129.598	9190331.601	504.191	97.552	-98
IP-60	561015.793	9190368.497	388.508	78.392	-95.5
IP-61	560885.579	9190393.092	676.219	100.176	-96
IP-62	560589.676	9190025.232	538.651	97.136	-98
IP-63	560655.072	9190024.399	565.567	91.852	-95
IP-64	560618.056	9190028.672	506.502	96.596	-95.5
IP-65	561015.629	9189959.482	499.365	98.462	-95
IP-66	561152.564	9190075.666	151.132	47.556	-95
IP-67	560930.042	9190495.215	829.149	116.518	-96
IP-68	561253.681	9190228.701	811.616	125.198	-97
IP-69	561273.703	9190181.985	529.775	91.909	-96
IP-70	561106.111	9190100.231	121.292	42.297	-97.5
IP-71	560053.667	9190114.320	736.961	103.269	-97
IP-72	559997.898	9190181.289	193.212	59.444	-97
IP-73	560019.854	9190185.056	257.374	70.361	-97.5
IP-74	559969.757	9190207.533	158.654	51.122	-96
IP-75	559987.609	9190210.393	96.425	38.393	-98
IP-76	561171.668	9190149.604	597.104	102.314	-98
IP-77	560696.043	9190302.654	297.144	73.812	-95
IP-78	560716.505	9189852.456	1,544.862	189.182	-98
IP-79	560946.470	9189909.302	1,603.426	236.309	-97.5
IP-80	560801.634	9190061.235	325.653	80.989	-98

Kode	Koordinat		Luas (m <sup>2</sup> )	Keliling (m)	Kedalaman (m)
	Easting (m)	Northing (m)			
IP-81	560780.772	9190116.880	236.738	66.338	-97
IP-82	560892.987	9190010.547	234.927	60.198	-96
IP-83	560984.514	9190119.434	234.218	58.510	-96
IP-84	561089.524	9190367.908	108.398	39.257	-97
IP-85	561112.046	9190381.703	146.039	49.477	-97
IP-86	560258.617	9189905.549	638.582	102.946	-98
IP-87	560320.260	9189907.269	268.205	60.304	-98
IP-88	560299.626	9189853.754	420.028	85.371	-96
IP-89	560320.279	9189822.252	184.217	52.102	-98
IP-90	560299.899	9189902.195	351.248	75.978	-95.5
IP-91	560322.325	9189868.895	321.872	76.187	-95.5
IP-92	560296.498	9189875.151	102.697	38.955	-95.5
IP-93	560326.412	9189844.164	106.950	41.005	-95
IP-94	560451.542	9190131.119	861.582	137.730	-96
IP-95	560512.423	9190049.069	1,558.093	145.574	-99
IP-96	560618.934	9190085.190	115.578	39.880	-96
IP-97	560612.685	9189881.959	388.088	74.281	-97
IP-98	560659.433	9189832.262	448.030	88.582	-97
IP-99	560673.946	9189773.945	257.923	68.194	-97.5
IP-100	560603.945	9189831.429	302.332	67.965	-97
IP-101	561002.910	9190154.751	319.982	74.960	-96
IP-102	560967.676	9190155.618	451.819	81.157	-98.5
IP-103	560302.465	9190248.543	329.442	67.634	-98
IP-104	560288.569	9190316.004	199.824	58.692	-95.5
IP-105	560282.732	9190338.441	167.490	47.790	-96
IP-106	560212.003	9190265.908	237.578	62.773	-96
IP-107	560118.344	9190382.956	225.546	56.596	-96

Kode	Koordinat		Luas (m <sup>2</sup> )	Keliling (m)	Kedalaman (m)
	Easting (m)	Northing (m)			
IP-108	560913.190	9190470.018	409.685	78.040	-95
IP-109	560881.233	9190308.790	1206,215	142.972	-99.5
IP-110	560172.575	9189954.121	445.495	90.492	-98

Hasil analisa tabel 4.2 di atas dapat diketahui terdapat 110 *individual pockmark*. *Individual pockmark* yang terbesar adalah IP-79 yang berada pada koordinat 560946.470;9189909.301 dengan luas 1603,426 m<sup>2</sup> dan keliling 236.309 m. Sedangkan *individual pockmark* yang terkecil adalah IP-12 yang berada pada koordinat 560278.830;9190302.324 dengan luas 50,123 m<sup>2</sup> dan keliling 27.455 m.

Tabel 4. 3 Tabel Analisa *Pockmark Cluster*

Kode	Koordinat		Luas (m <sup>2</sup> )	Keliling (m)	Kedalaman (m)
	Easting (m)	Northing (m)			
PC - 01	560777.92511	9190641.09910	14963.029	468.768	-99.5
PC - 02	560618.33275	9190587.80498	14723.465	440.747	-98
PC - 03	560526.93066	9190800.32307	5057.969	317.545	-97.5

Hasil analisa tabel 4.3 di atas dapat diketahui bahwa terdapat 3 *pockmark cluster*. *Pockmark cluster* terbesar adalah PC-01 yang berada pada koordinat 560777,92511 ; 9190641,09910 yang memiliki luas 14963,029 m<sup>2</sup> dan keliling 468,768 m. Sedangkan *pockmark cluster* terkecil adalah PC-03 yang berada pada koordinat 560526,93066 ; 9190800,32307 yang memiliki luas 5057,969 m<sup>2</sup> dan keliling 317,545 m.



#### 4.2.3 **Anomali Magnetik**

Analisa peletakan anjungan minyak lepas pantai dengan menggunakan magnetometer berdasarkan nilai magnetik yang terekam pada instrumen. Nilai magnetik pada daerah penelitian berada antara 44610,645 nT sampai dengan 44647,168 nT.

Analisa data magnetometer menggunakan nilai magnetik pada setiap jalur survei. Jika terdapat perubahan pada nilai magnetik tiap jalur survei maka itu disebut dengan anomali magnetik.

Hasil pengolahan data magnetometer, tiap-tiap jalur survei tidak mengalami perubahan nilai magnetik yang drastis maka dapat dikatakan bahwa daerah penelitian bebas dari logam yang berada di permukaan dasar laut maupun terkubur pada dasar laut.

#### 4.2.4 **Analisa Peletakan Anjungan Minyak Lepas Pantai Terhadap Kemiringan Dasar Laut (Slope)**

Analisa perencanaan peletakan anjungan minyak lepas pantai berdasarkan data kontur yang diolah menjadi *slope* menggunakan *software* Arc GIS. Klasifikasi kemiringan dasar laut ini didasarkan pada *United Soil System Management* (USSM). Berdasarkan data batimetri didapatkan bahwa daerah penelitian memiliki topografi dasar laut yang landai, untuk perencanaan peletakan anjungan minyak lepas pantai diletakkan pada topografi yang datar.

Selanjutnya, *slope* tersebut diberikan skor sesuai dengan klasifikasi kelerengan tersebut. Skor kemiringan dasar laut dijelaskan pada Tabel 4.4

Tabel 4. 4 Nilai Skor dari Kemiringan Lereng

Kemiringan Lereng ( $^{\circ}$ )	Keterangan	Skor
$< 1$	Datar	1
1 – 3	Agak Landai	2
3 – 6	Landai	3
6 – 9	Agak Curam	4
9 – 25	Curam	5
25 - 26	Sangat Curam	6
$> 65$	Terjal	7

*Slope* dari data kontur tersebut menghasilkan tiga kelas kemiringan lereng, yaitu:

- Kelas I (Datar) dengan kemiringan  $< 1^{\circ}$
- Kelas II (Agak Landai) dengan kemiringan  $1^{\circ}$  -  $3^{\circ}$
- Kelas III (Landai) dengan kemiringan  $3^{\circ}$  -  $6^{\circ}$

Peletakan anjungan minyak lepas pantai diletakkan pada topografi datar yaitu dengan kemiringan  $1^{\circ}$  -  $3^{\circ}$ . Perbedaan *slope* yang tinggi pun merupakan salah satu *obstacle* (penghalang) bagi anjungan minyak lepas pantai. Luas area penelitian yang dapat direkomendasikan untuk perencanaan peletakan anjungan minyak lepas pantai adalah seluas  $951.694 \text{ m}^2$  dengan kemiringan  $1^{\circ}$  -  $3^{\circ}$  dan luas area penelitian yang tidak dapat direkomendasikan untuk peletakan anjungan minyak lepas pantai adalah seluas  $45.028 \text{ m}^2$  dengan kemiringan  $3^{\circ}$  -  $6^{\circ}$ .

Tabel 4. 5 Luas Kemiringan Lereng

Kemiringan Lereng ( $^{\circ}$ )	Luas ( $\text{m}^2$ )
$< 1$	509.098
1 – 3	442.596
3 – 6	45.028

#### 4.2.5 Analisa Peletakan Anjungan Minyak Lepas Pantai Terhadap Potensi Bahaya (*Hazard*)

Analisa peletakan anjungan minyak lepas pantai harus memiliki lokasi yang dipastikan bersih (*site clearance*) yang terhindar dari beberapa hal, yaitu: (Pageo, 2012 dalam Mandasari, 2013)

- Pipa dan kabel bawah laut
- Bangkai kapal atau pesawat
- *Debris*, atau sampah bekas instalasi
- *Pockmark*
- *Mound*, gundukan-gundukan tanah
- *Shallow gas*
- *Rock outcrop*, singkapan dari batuan
- *Mud flows*, semburan lumpur
- Sedimen berbahaya

Pada penelitian ini, fitur dasar laut yang ditemukan pada lokasi penelitian dan dapat membahayakan anjungan minyak lepas pantai adalah *pockmark*.

*Pockmark* adalah cekungan pada permukaan laut yang menunjukkan adanya tekanan ataupun aliran gas/air dari bawah permukaan dasar laut (Pageo, 2012 dalam Mandasari 2013). *Pockmark* merupakan morfologi yang terbentuk oleh keluarnya fluida dari sedimen dasar laut, fluida yang terlepas itu biasanya gas (Garcia, 2002). *Pockmark* biasanya ditemukan di dekat delta, area produksi minyak dan gas, adanya aktivitas tektonik, lubuk laut (*shelf basin*), lereng benua (*continental slopes*) (Roger dan Kelly, 2005).

*Pockmark* merupakan salah satu fitur dasar laut yang penting untuk diketahui keberadaannya bagi industri minyak dan gas (*offshore industry*). Hal ini disebabkan oleh (A.G.Judd, 2011):

- *Pockmark* merupakan *obstacle* (penghalang) untuk anjungan minyak lepas pantai, pipa bawah laut dan kabel bawah laut.
- Akumulasi *shallow gas* merupakan potensi bahaya (*hazard*) untuk pengeboran minyak laut lepas.
- Pada eksplorasi minyak, gas *seeps* digunakan untuk mengetahui adanya kandungan hidrokarbon (HC).
- *Methane-derived Authigenic Carbonate* (MDAC) menghalangi instalasi pemasangan pipa bawah laut dan kabel bawah laut.

Berdasarkan analisa pemilihan lokasi yang harus dipastikan bersih dari fitur dasar laut yang dapat membahayakan anjungan minyak, maka dilakukan pemilihan lokasi yang bersih (*site clearance*) yang bebas dari *pockmark*. Pada sub bab 4.2.2 telah dijelaskan bahwa pada lokasi penelitian ditemukan 110 *individual pockmark* dan 3 *pockmark cluster*. Pemilihan lokasi yang bebas dari *pockmark* dilakukan dengan menggunakan nilai skor.

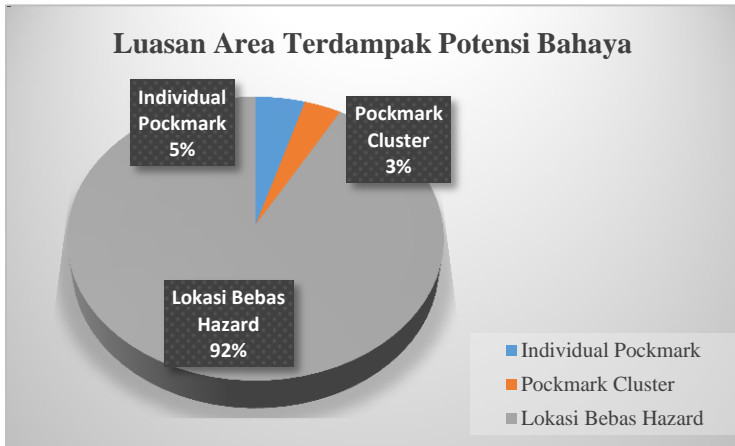
Tabel 4. 6 Skor Identifikasi Bahaya (*Hazard*)

Identifikasi Potensi Bahaya ( <i>Hazard</i> )		
Parameter	Keterangan	Skor
<i>Individual Pockmark</i>	Ada	1
	Tidak Ada	0
<i>Pockmark Cluster</i>	Ada	1
	Tidak Ada	0

Pada Tabel 4.2 dan 4.3 dihitung luas *pockmark* untuk mendapatkan perbandingan luas area yang bebas dari *pockmark* dan area yang terdampak *pockmark*.

Tabel 4. 7 Luas Area Terdampak Potensi Bahaya

Kriteria	Luas (m <sup>2</sup> )
<i>Individual Pockmark</i>	46.630,450
<i>Pockmark Cluster</i>	34.743,463
Area Bebas Potensi Bahaya ( <i>Hazard</i> )	918.626,088



Gambar 4. 16 Diagram Luasan Area Terdampak Potensi Bahaya

Berdasarkan analisa *hazard*, lokasi yang dapat direkomendasikan untuk peletakan anjungan minyak lepas pantai seluas 918.626,088 m<sup>2</sup> atau 92% dari luas total lokasi penelitian, dan area yang tidak direkomendasikan atau berbahaya untuk peletakan anjungan minyak lepas pantai seluas 81.373,913 m<sup>2</sup> atau 8% dari luas total lokasi penelitian.

#### 4.2.6 Analisa Peletakan Anjungan Minyak Lepas Pantai Terhadap Anomali Magnetik

Penggunaan magnetometer untuk mendeteksi benda-benda yang terbuat dari logam seperti pipa, bangkai pesawat atau sampah bekas instalasi baik yang berada pada permukaan laut atau yang terkubur pada dasar laut.

Pada penelitian ini, penggunaan magnetometer digunakan untuk mengetahui keberadaan benda-benda yang terbuat dari logam tersebut terkubur di dasar laut dengan cara mendeteksi anomali magnetiknya.

Keberadaan benda-benda dari logam yang terkubur di dasar laut tidak terlihat pada citra SSS. Untuk mengetahui adanya anomali magnetik pada lajur survei, data diolah menjadi grafik.



Gambar 4. 17 Grafik Jalur M-05 Jalur Survei Magentik

Pemilihan lokasi peletakan anjungan minyak lepas pantai terhadap anomali magnetik adalah lokasi yang tidak memiliki anomali magnetik. Jika terdapat anomali magnetik, maka dapat teridentifikasi ada *debris*, atau fitur dasar laut lainnya yang terbuat dari logam.

Tabel 4. 8 Skor Anomali Magentik

Magnetometer		
Parameter	Keterangan	Skor
Anomali Magnetik	Ada	1
	Tidak Ada	0

#### 4.2.7 Analisa Peletakan Anjungan Minyak Lepas Pantai Terhadap Parameter-Parameter

Penelitian ini, analisa perencanaan peletakan anjungan minyak lepas pantai terhadap parameter-parameter meliputi kemiringan lereng dasar laut, potensi bahaya dan anomali magnetik dilakukan dengan menggunakan skor dan pembobotan menggunakan metode *Analytical Heirarchy Process* (AHP) dan *Expert Choice*.

Penggunaan metode AHP bertujuan untuk menentukan bobot setiap parameter-parameter yang berpengaruh terhadap pemilihan lokasi anjungan minyak lepas pantai.

Dalam memberikan rekomendasi lokasi peletakan anjungan minyak lepas pantai harus dipastikan lokasi yang aman dan bebas dari *obstacle* yang membahayakan anjungan minyak lepas pantai (*offshore platform*).

Tabel 4. 9 Skor dari Parameter Rekomendasi Lokasi Peletakan Anjungan Minyak Lepas Pantai

No	Parameter	Besaran	Skor
1	Kemiringan Lereng Dasar Laut ( <i>Slope</i> )	$< 1^\circ$	1
		$1^\circ - 3^\circ$	2
		$3^\circ - 6^\circ$	3
	<i>Pockmark</i>	Ada	1
		Tidak Ada	0
3	Anomali Magnetik	Ada	1
		Tidak Ada	0

Penentuan lokasi yang direkomendasikan untuk peletakan anjungan minyak lepas pantai menggunakan skor dan pembobotan. Pembobotan menggunakan perangkat lunak *expert choice* 11. Pembobotan ini memiliki tiga parameter, yaitu *slope*, *hazard*, dan anomali magnetik. Sebelum dilakukan pembobotan, ketiga parameter dibentuk model yang disebut dengan Matriks Perbandingan Pasangan atau *Pairwise Comparison*.

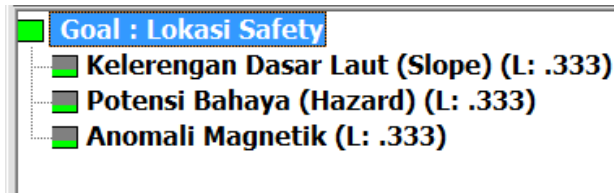
Gambar 4. 18 Hasil Perbandingan Pasangan Parameter Menggunakan

Priorities with respect to: Goal : Lokasi Safety	
Kelerengan Dasar Laut (Slope)	.333
Potensi Bahaya (Hazard)	.333
Anomali Magnetik	.333
Inconsistency = 0.00037 with 0 missing judgments.	

#### *Expert Choice*

Pada gambar 4.15 menjelaskan tentang hasil perbandingan pasangan (*pairwise comparison*) yang digunakan untuk pembobotan. Prinsip metode AHP adalah terdapat rasio konsistensi yang menyatakan apakah bobot dapat diterima atau tidak. Rasio konsistensi diterima jika nilainya  $< 0,1$  (kurang dari 0,1). Pada gambar 4.15, rasio konsistensi pada parameter-parameter yang berpengaruh terhadap lokasi adalah 0.00037, maka hasil perbandingan berpasangan pada setiap kriteria dianggap konsisten.





Gambar 4. 19 Pembobotan Parameter Menggunakan *Expert Choice*

Pada gambar 4.16 tersebut menjelaskan bahwa perbandingan dari ketiga parameter tersebut memiliki bobot yang sama yaitu 0,333.

Dari hasil pembobotan parameter-parameter yang berpengaruh terhadap penentuan lokasi peletakan anjungan minyak lepas pantai menggunakan metode AHP, selanjutnya adalah menentukan lokasi yang direkomendasikan dan lokasi yang tidak direkomendasikan di area penelitian.

Penentuan lokasi tersebut menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Area Lokasi} = & (Skor_{kriteria1} \times Bobot_{kriteria1}) + \\ & (Skor_{kriteria2} \times Bobot_{kriteria2}) + \\ & (Skor_{kriteria3} \times Bobot_{kriteria3}) \dots\dots\dots 4.1 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan pembobotan dengan perkalian skor menghasilkan dua klasifikasi yaitu lokasi yang aman dan direkomendasikan dan lokasi yang tidak direkomendasikan. Lokasi yang tidak direkomendasikan disebabkan oleh adanya *pockmark*, anomali magnetik dan kemiringan lereng dasar laut  $3^{\circ} - 6^{\circ}$ .

Tabel 4. 10 Klasifikasi Area Rekomendasi

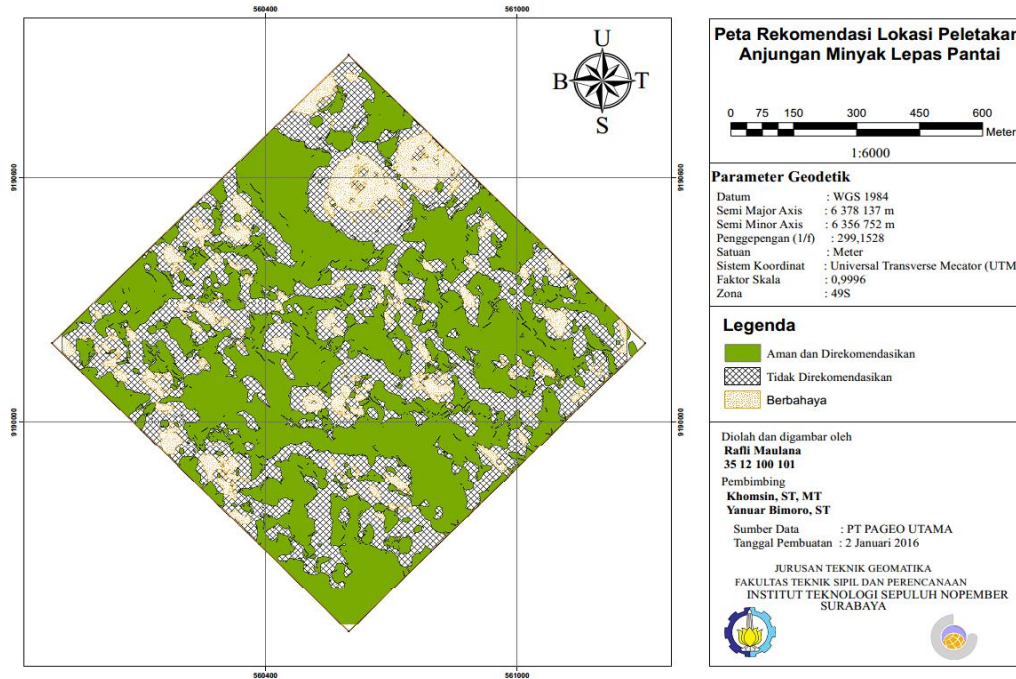
Nilai Skor	Keterangan
0.333	Aman dan Direkomendasikan
0.333 – 0.666	Tidak Direkomendasikan
0.666 – 1.332	Bahaya

Berdasarkan *overlay* dari ketiga parameter yang didapatkan dari skor maka terdapat dua jenis lokasi yaitu:

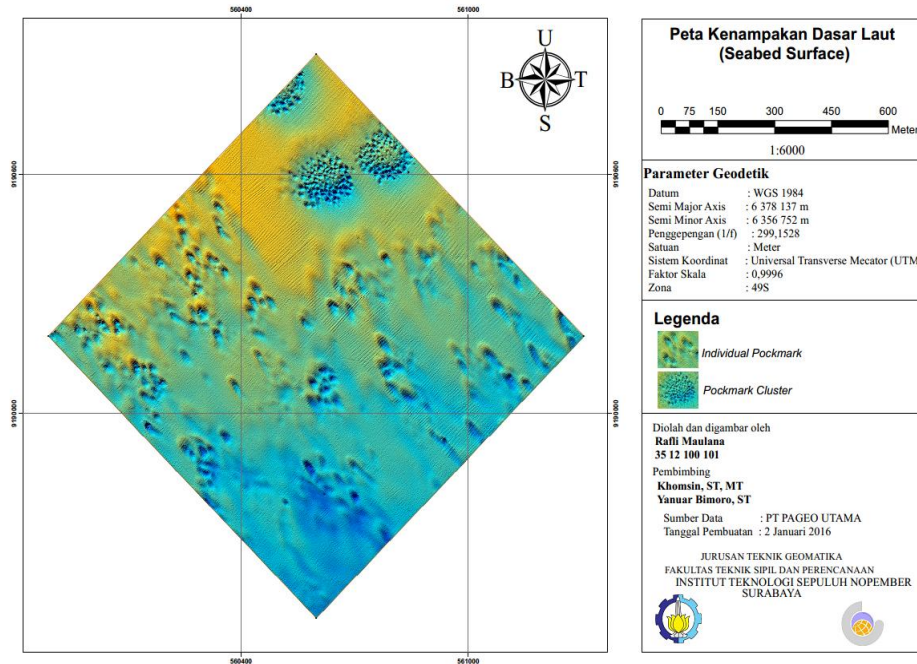
1. Area yang aman dan direkomendasikan
2. Area yang tidak direkomendasikan
3. Area yang berbahaya

Tabel 4. 11 Luas Area Klasifikasi

Nilai Skor	Luas (m <sup>2</sup> )	Keterangan
0.333	532.216,047	Aman dan Direkomendasikan
0.334 – 0.666	379.529,360	Tidak direkomendasikan
0.667 – 1.332	85.227,185	Bahaya



Gambar 4. 20 Peta Rekomendasi Lokasi Peletakan *Platform*



Gambar 4. 21 Peta Kenampakan Dasar Laut

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini tentang optimasi peletakan anjungan minyak lepas pantai menggunakan MBES, SSS dan magnetometer adalah sebagai berikut:

1. Lokasi penelitian memiliki elevasi tanah yang landai, sehingga rekomendasi peletakan anjungan minyak lepas pantai berada pada kemiringan dasar laut sampai  $3^{\circ}$ .
2. Pada daerah penelitian terdapat banyak sekali *individual pockmark* maupun *pockmark cluster*, sehingga perlu diwaspadai posisi peletakan *platform* agar tidak membahayakan *platform*.
3. Tidak ditemukan adanya indikasi logam baik yang berada di permukaan dasar laut maupun terkubur pada dasar laut.
4. Berdasarkan hasil penelitian, lokasi penelitian dibagi menjadi 3 kelas yaitu, lokasi yang aman dan direkomendasikan dengan skor 0.333, lokasi yang tidak direkomendasikan dengan bobot skor 0.334 – 0.666 dan lokasi yang berbahaya dengan skor 0.667 – 1.332.

#### **5.2 Saran**

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan tambahan data yaitu *Sub Bottom Profiler* untuk penunjang fitur dasar laut.
2. Tambahan data sampel sedimen untuk mengetahui jenis tanah di dasar perairan.
3. Penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan pengambilan data-data terkait

penelitian ke *Oil Company* untuk mengetahui parameter-parameter yang digunakan dalam peletakan anjungan minyak lepas pantai.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ben C. Gerwick, J. (2007). *Construction of Marine Offshore Structure*. California, U.S.A: CRC Press.
- Djunarsah, E. &. (2005). *Survei Hidrografi*. Bandung: Penerbit Refika Aditama.
- Lekkerkerk, H. R. (2006). *Handbook of Offshore Surveying : Book Two*. London: Clarkson Research Service Limited.
- Mandasari, S. (2012). *Studi Kelayakan Rencana Lokasi Peletakan Jack-Up Drilling Rig Menggunakan Hasil Pencitraan Side Scan Sonar*. Surabaya: Jurusan Teknik Geomatika ITS.
- Masrukhin, M. A. (2014). Studi Batimetri Dan Morfologi Dasar Laut Dalam Penentuan Jalur Peletakan Pipa Bawah Laut. *Jurnal Oseanografi*.
- Mukti, Y. K. (2015). *Studi Survei Pra Pemasangan Pipa Bawah Laut Menggunakan Multibeam Echosounder dan Side Scan Sonar*. Surabaya: Jurusan Teknik Geomatika ITS.
- Organization, I. H. (2005). *Manual On Hydrography*. Monaco: International Hydrographic Bureau.
- Poerbandono, E. (2005). *Survei Hidrografi*. Bandung: Refika Aditama.
- Rahardiana, B. Y. (2008). *Analisis Struktur Jacket 4 Kaki di Selat Makasar*. Bandung: Program Studi Teknik Kelautan ITB.

- Taufik, I. (2007). *Survei Lokasi Peletakan Anjungan Eksplorasi Minyak Lepas Pantai*. Bandung: Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika.
- Umam, S. K. (2011). *Studi Penggunaan Magnetometer Dalam Pembuatan Peta Sebaran Logam Untuk Mendukung Pemasangan Pipa Bawah Laut*. Surabaya: Jurusan Teknik Geomatika ITS.
- Yuwono. (2005). *Buku Ajar Hidrografi*. Surabaya: Teknik Geomatika ITS.



***“halaman ini sengaja dikosongkan”***

## BIODATA PENULIS



Penulis bernama Rafli Maulana, anak ke tiga dari tiga bersaudara . Dilahirkan di Jakarta, 06 Agustus 1993. Penulis menempuh pendidikan formal di SD Muhammadiyah 7 Rantau Prapat, kemudian melanjutkan di SMPN 1 Kamang Magek dan SMAN 1 Kamang Magek. Setelah lulus SMA, penulis melanjutkan pendidikan S-1 di Teknik Geomatika, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya pada tahun 2012 dan terdaftar dengan NRP

3512 100 101. Selama duduk dibangku kuliah penulis aktif di organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Geomatika (HIMAGE-ITS) dari tahun kepengurusan 2013/2014 sampai dengan 2014/2015. Selain aktif dengan Himpunan Mahasiswa, penulis juga aktif di Paguyuban Karya Salemba Empat ITS dengan masa bakti 2013-2015. Selama berorganisasi, penulis sering terlibat dalam kepanitiaan seminar dan pelatihan yang diadakan di kampus seperti, Geolympic, Seminar Nasional, dan LKMM, selain itu penulis juga mengikuti Latihan Kepemimpinan XLFL Futures Leaders, G2A Futures Leaders dan Mandiri Camp. Guna menyelesaikan studi di Insitut Teknologi Sepuluh Nopember, penulis mengambil Tugas Akhir dalam bidang keahlian hidrografi dengan judul “Studi Tentang Optimasi Peletakan Anjungan Minyak Lepas Pantai” dengan menggunakan data dari PT. Pagedo Utama.